

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

Návrh postupového lisovacího nástroje

Design of Progressive Stamping Tool

Student:	Jan Chládek
Vedoucí bakalářské práce:	prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.

Ostrava 2014

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jan Chládek**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh postupového lisovacího nástroje**  
**Design of Progressive Stamping Tool**

Zásady pro vypracování:

1. Rozbor technologie postupového lisování plechových dílů.
2. Konstrukční a technologický návrh postupového nástroje.
3. Analýza a odzkoušení navrženého lisovacího nástroje.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení navržené konstrukce.

Seznam doporučené odborné literatury:

BAREŠ aj. *Lisování*. Praha: SNTL, 1971, 544 s.

KOTOUČ, J. *Nástroje pro tváření za studena*. Praha: ČVUT, 1978, 158 s.

PETRUŽELKA, J., BŘEZINA, R. *Úvod do tváření II*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 2001. 115 s.

HRUBÝ, J., PETRUŽELKA, J. *Výpočetní metody ve tváření*. 1.vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita, 2002. 173 s.

MIELNIK, E.M. *Metalworking Science and Engineering*. New York: McGraw-Hill, 1991

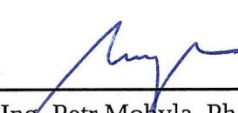
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



  
Ing. Petr Mohyla, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Ve Výprachticích 16. 5. 2014

.....  


Jan Chládek

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářské práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Ve Výprachticích 16. 5. 2014

..........  
podpis

Jan Chládek  
Výprachtice 392  
563 01, Lanškroun

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

CHLÁDEK, J. *Návrh postupového lisovacího nástroje: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 53 s. Vedoucí práce: Hrubý, J.

V bakalářské práci je řešena problematika návrhu postupového lisovacího nástroje pro konkrétní ocelový díl. Technologie použitá pro výrobu ocelového dílu je plošné tváření a je popsána v teoretické části. Jedná se o tři základní metody, kterými jsou stříhání, ohýbání a tažení. Hlavním cílem praktické části je navrhnout postupový lisovací nástroj co možná nejlépe vzhledem k technologičnosti výlisku a konstrukce. Na počátku je navržen nástřihový plán, plánovaná výrobní kalkulace a následně vypracována technická dokumentace. Nástroj bude podle těchto podkladů vyroben a odzkoušen. Po odladění funkce nástroje a vylisování odpovídajících vzorků bude připraven pro sériovou výrobu do lisovny kovů.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

CHLÁDEK, J. *Design of Progressive Stamping Tool: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 53 p. Thesis head: Hrubý, J.

The bachelor's thesis deals with the issue of drafting a design of progressive stamping tool for specific steel parts. The technology used for the production of steel part is surface forming and it is described in the theoretical part. There are three basic methods such as cutting, bending and pulling. The main aim of the thesis is to propose progressive stamping tool as best as possible due to technological stamping part and design. Cutting plan, planned production calculation and subsequently technical documentation is proposed at the beginning. The tool will be made and tested in accordance with these documents. After testing of the functionality of the tool and pressing of samples it will be ready for serial production at a stamping department.

# Obsah

	strana
1. Úvod.....	7
2. Teorie použitých technologií .....	8
2.1. Představení postupového lisovacího nástroje.....	8
2.2. Stříhání .....	8
2.3. Ohýbání .....	12
2.4. Tažení .....	15
3. Návrh nástroje pro konkrétní výlisek.....	16
3.1. Představení společnosti fortell s.r.o.....	16
3.2. Požadavky na výlisek .....	18
3.3. Návrh nástřihového plánu .....	19
3.4. Volba varianty .....	21
3.5. Plánovaná kalkulace postupového nástroje.....	22
4. Konstrukční řešení nástroje.....	24
4.1. Činné části nástroje .....	24
4.2. Rám nástroje.....	28
4.3. Normalizované komponenty .....	31
4.4. Potřebné výpočty.....	32
4.5. Návrh vhodného lisu .....	36
4.6. Návrh materiálu.....	38
4.7. Prodloužení životnosti činných částí nástroje .....	40
4.8. Bezpečnost nástroje a jeho hlídání .....	41
5. Výroba a zkouška nástroje .....	42
5.1. Výroba nástroje .....	42
5.2. Zkoušení nástroje .....	44
5.3. Závady a nápravná opatření .....	44
6. Závěr .....	47
Seznam použité literatury.....	49
Seznam použitých zkratk.....	50
Seznam obrázků .....	51
Seznam tabulek .....	52
Seznam příloh.....	53

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu prof. Ing. Jiřímu Hrubému, CSc. za jeho odborné vedení a velmi cenné připomínky.

Dále chci poděkovat vedení společnosti **fortell s.r.o.** za umožnění studia na vysoké škole a vypracování této bakalářské práce.

Závěrem bych také rád poděkoval rodině, která mě po celou dobu studia morálně podporovala.

# 1. Úvod

Ve strojírenském průmyslu je v současné době jeden z velice perspektivních oborů plošné tváření včetně postupových lisovacích nástrojů. Málo kdo z nás si uvědomuje, kolik výlisků, které jsou vyráběné touto metodou, nás obklopuje jako součást ucelených výrobků v každodenním životě (např. světlomety, mobilní telefony, kuchyňské spotřebiče). Jedním z největších výrobních oborů, ve kterém se tyto zhotovené komponenty využívají, je bezesporu automobilový průmysl, mezi další patří např. potravinářský, elektrotechnický, chemický, atd.

Jako v každé jiné technické výrobě i zde je kladen obrovský důraz na kvalitu a zároveň ekonomičnost celé výroby. Jelikož jsou tyto dvě důležité priority vždy protichůdné, musí se pokaždé nalézt kompromisní řešení. Za tento jeden z nejtěžších a nejdůležitějších úkolů nese zodpovědnost konstruktér, který na počátku každého výrobního procesu musí pomocí vlastních zkušeností a znalostí vymyslet, jak dojít k požadovanému výsledku.

Hlavní cílem této práce je právě nalézt takové kompromisní řešení v rámci problematiky plošného tváření. V první části práce se autor snaží seznámit čtenáře s teoretickými poznatky a základními vzorci. Praktická část práce se zabývá konkrétním postupovým lisovacím nástrojem pro specifický výlisek. Výrobní projekt je popsán od zadání požadavku zákazníkem až po předání nástroje k sériovému lisování. V závěru práce je celý projekt technickoekonomicky vyhodnocen.

Téma bakalářské práce si autor zvolil ze dvou hlavních důvodů. Prvním důvodem byla dlouhodobá pracovní zkušenost s oblastí plošného tváření a znalost postupových lisovacích nástrojů. Druhým důvodem pro volbu bylo zpracování celého postupu návrhu projektu na dané téma od jeho začátku až po konečné předání hotového nástroje včetně vypracování plánované kalkulace výrobních nákladů.

Autor práce čerpal informace z vlastních poznatků, které nabyt během studia na fakultě strojní, a ze spolupráce na mnoha projektech ve společnosti **fortell s.r.o.**, kde se částečně zabývá konstrukcí postupových lisovacích nástrojů pro zahraniční i tuzemské zákazníky. Největším pramenem informací byly technické knihy a vysokoškolská skripta. Menší část informací získal autor z elektronických dokumentů z webového rozhraní.



## 2. Teorie použitých technologií

Výroba dílce dle zadaného výkresu je závislá na použití základních technologických procesů. Z mého zadání vyplývá použití tří základních technologií plošného tváření, které jsou běžně užívané ve strojírenské výrobě. Jedná se o stříhání, ohýbání a tažení. S jednotlivými technologiemi se v krátkosti seznámíme v teoretické části.

### 2.1. Představení postupového lisovacího nástroje

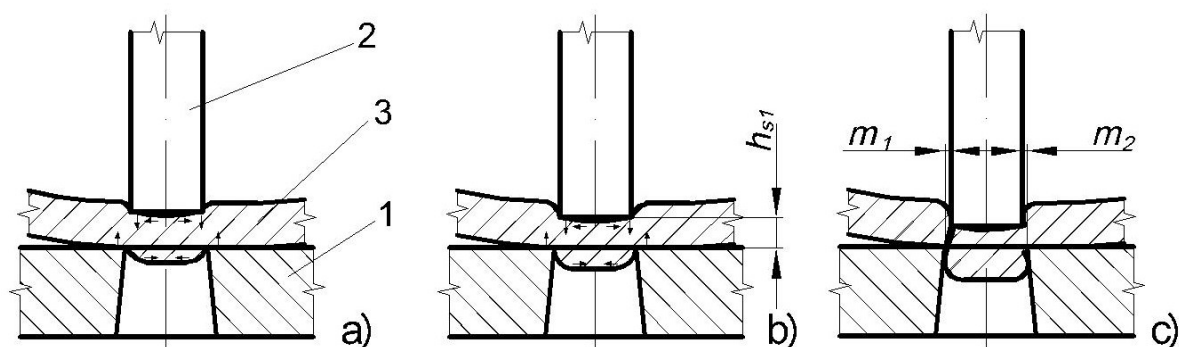
Postupové lisovací nástroje se používají pro sériovou nebo hromadnou výrobu dílů převážně z oceli nebo některých neželezných kovů. Jedná se o speciální typy nástrojů, které se značně liší od nástrojů pro kusovou výrobu. Hlavní rozdíl je patrný na první pohled. Nástroj pro postupové lisování musí být dostatečně tuhý a masivní pro dlouhou životnost. Takto vyrobený nástroj je finančně náročnější, ale vzhledem k velkým sériím produkce je jeho výroba výnosnější. Nástroj je tvořen rámem, který je přímo upraven pro určitý druh výroby. Většina vodících a funkčních prvků je tvořena normalizovanými díly pro levnou a rychlou výměnu v případě opotřebení. Postupový nástroj musí být také vyroben s řadou prvků, které dokáží ušetřit čas ve výrobě a zvýší jeho návratnost. [1]

### 2.2. Stříhání

Stříhání je základní technologie plošného tváření, které je zároveň nejrozšířenější. Vzhledem ke své rozšířenosti má tato metoda všestranné využití na stříhání tabulí, svitků, profilů nebo výrobu konečných výlisků. Mezi další využití patří i příprava polotovarů pro další operace jako je ohýbání, tažení, apod.

#### Střížný proces

Při stříhání dochází k oddělení části materiálu podél křivky stříhu vlivem smykového napětí působícího ve střížné rovině. Na obrázku č. 1 je zachycen průběh jednotlivých fází stříhu (1 – střížná matrice, 2 – střížník, 3 – stříhaný materiál, plech). Průběh těchto fází nejvíce ovlivňují dva faktory. Prvním je jakost stříhaného materiálu a druhým faktorem je zvolená střížná vůle. [2]



Obr. 1 Průběh jednotlivých fází stříhu [2]

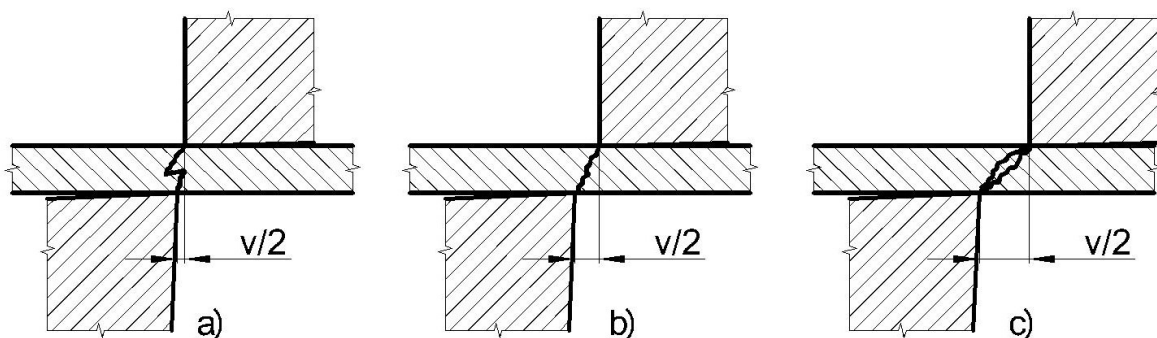
V první fázi stříhu (Obr. 1 a) dochází ke kontaktu střížníku s plechem. Vlivem průniku střížníku do materiálu plechu vzniká pružná deformace. Hloubka vniknutí je především závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu. Většinou je to 5 až 8 % jeho tloušťky. [2]

Ve druhé fázi stříhu (Obr. 1 b) proniká střížník hlouběji do materiálu a vzniká již trvalá deformace materiálu. Hloubka vniku ( $h_{s1}$ ) je opět závislá na mechanických vlastnostech stříhaného materiálu, ale pohybuje se okolo 10 až 25 % jeho tloušťky. V této fázi stříhu dochází také ke vtažení materiálu na straně střížníku a vytlačení materiálu na straně střížnice. Na stříhaném materiálu vzniká zaoblení. [2]

Ve třetí fázi stříhu (Obr. 1 c) je stříhaný materiál namáhán nad mez pevnosti. Hloubka vniku je 10 až 60 % jeho tloušťky. Opět je závislá na jakosti materiálu, ale také na zvolené střížné vůli. U hran střížníku a střížnice vznikají mikroskopické a později makroskopické trhliny. Tyto trhliny se prodlužují a následně dochází k oddělení materiálu. Na tomto obrázku vlevo je znázorněn průběh v případě normální střížné mezery ( $m_1$ ) a vpravo je znázorněn průběh malé střížné mezery ( $m_2$ ). [2]

### Střížná vůle

Střížná vůle je rozdíl mezi rozměrem střížné matrice a střížníku. Pokud se jedná o jednostranný rozměr, tak ho nazýváme střížná mezera. Je důležité, aby tato mezera byla stejná ve všech místech střížné křivky. Tím je zaručeno, že dojde ke správnému usmýknutí stříhaného materiálu. Správně volená velikost střížné vůle je velmi důležitá, protože ovlivňuje hned několik faktorů, jako je například kvalitu střížných ploch nebo vydrž střížných břitů. Dále má vliv na střížnou sílu a práci. Zmenšením střížné vůle může vzrůst střížná práce až o 40 %.



Obr. 2 Tvar střižné plochy pro různé střižné vůle [2]

Na obrázku č. 2 je rozdíl mezi třemi střižnými vůlemi ( $v$ ) při průběhu stříhu. Obrázek (2 a) zobrazuje malou střižnou vůli. Obrázek (2 b) zobrazuje správnou střižnou vůli. Obrázek (2 c) zobrazuje velkou střižnou vůli. [2]

Jednu z prvních věcí, kterou musíme zvolit ještě před volbou samotné střižné vůle je funkce výlisku, jelikož podle ní můžeme určit, jestli bude střižná vůle zhotovena na matrici nebo na střižníku. Pokud vystřihují otvor do výlisku, pak jeho rozměr zaručí střižník. Zhotovení střižné vůle provedu zvětšením otvoru ve střižné matrici o příslušnou hodnotu. Pokud ovšem vystřihují samotný výlisek jako přesný venkovní rozměr, tvoří mi tento rozměr střižná matrice. Navrhnutí střižné vůle provedu zmenšením rozměru střižníku o příslušnou hodnotu.

Velikost střižné vůle závisí na mnoha činitelích, především na druhu materiálu a jeho tloušťce. Obvykle se stanoví v % tloušťky stříhaného materiálu. Určuje se podle zkušeností konstruktéra a technologa. Následně se tato hodnota ještě upravuje přímo ve výrobě. Nástroje s velkou životností se vyrábějí s malou střižnou vůlí. Opotřebením nástroje se střižná vůle zvětšuje. [1] [2]

### **Střižná síla a práce**

Střižná síla je důležitý aspekt pro určení vhodného lisu. Důležité je zejména nikdy nepřekročit jmenovitou sílu lisu. Mohlo by dojít k jeho poškození. V průběhu pracovního zdvihu se mění velikost střižné síly a v každém okamžiku je závislá na součinu dvou proměnných veličin. Jedná se o součin střižného odporu a střižené plochy. Ovšem pro jednoduchost celého výpočtu zde uvedu vzorec, který se velmi dobře osvědčil i v praxi.

Jedná se o vzorec pro výpočet síly a práce pro rovnoběžné nože. Střížná síla se stanoví výpočtem podle tohoto vzorce. [3]

$$F_s = (1,1 - 1,3) \cdot O \cdot s \cdot t_s \text{ [N]}$$

$s$  – tloušťka plechu [mm]

$O$  – střížný obvod [mm]

$t_s$  – napětí ve smyku, stříhová pevnost –  $t_s = 0,8 \cdot R_m$  [MPa]

$S$  – plocha průřezu ve střížné rovině –  $S = O \cdot s$  [mm<sup>2</sup>]

Potřebná síla pro vystřížení součásti z materiálu je přímo úměrná střížné pevnosti a hloubce vtlačení střížníku do materiálu. Proto nebude tento vzorec platit v plném rozsahu střížného procesu. Střížná síla se mění v průběhu od nuly po určité maximum a zpět. Dále také dochází k otupení nožů. Takže skutečná střížná síla bude o 10 až 30 % větší.

Potřebná práce pro vystřížení součásti bude závislá na velikosti střížné mezery. V případě navrhnutí špatné střížné mezery může dojít k velkému nárůstu střížné práce. Dále také závisí na ploše pod křivkou stříhu a na zdvihu. Velikost střížné práce se stanoví z tohoto vzorce. [3]

$$A = F_s \cdot k \cdot z \text{ [J]}$$

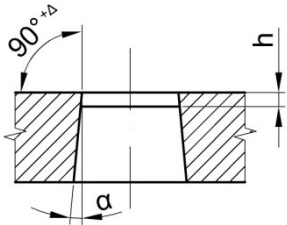
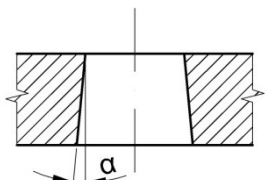
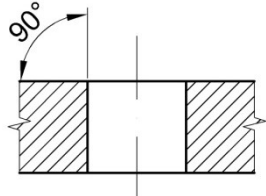
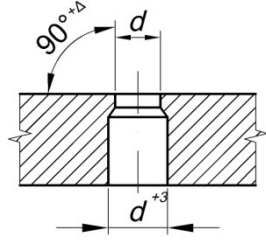
$k$  – je koeficient zaplnění plochy pod křivkou

$z$  – zdvih [mm]

### **Základní tvary střížných matic**

V tabulce (Tab. 1) jsou zobrazeny nejzákladnější používané tvary střížných matic. U každého typu je napsán rozsah a vhodnost použití. [4]

Tab. 1 Tvar střížnice a rozsah jejich použití [4]

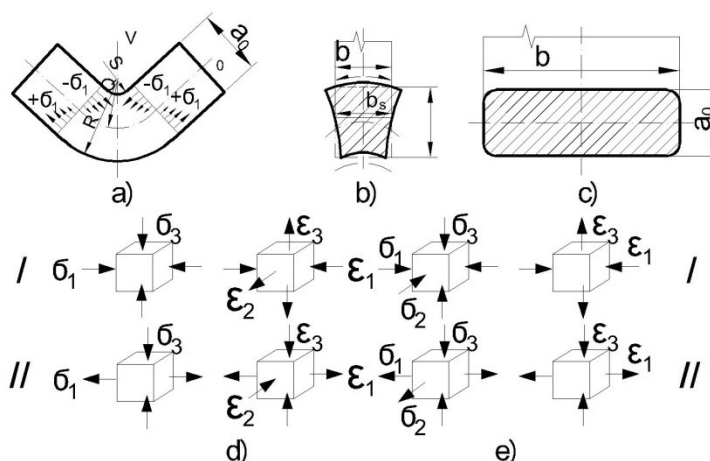
Tvar střížnice		Použití
<b>kuželová s válcovou fasetkou</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>díly s komplikovaným obvodem a vysokými požadavky na přesnost</li> </ul> <u>fasetka</u> $h = 3 - 5 \text{ mm}; s = 0,5 \text{ mm}$ $h = 5 - 10 \text{ mm}; s = 0,5 - 5 \text{ mm}$ $h = 10 - 15 \text{ mm}; s = 5 - 10 \text{ mm}$ $\alpha = 3 - 5^\circ$
<b>kuželová</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>malé díly se střední přesností</li> </ul> <u>úkos</u> $\alpha = 10 - 15'; s = 0,1 - 0,5 \text{ mm}$ $\alpha = 15 - 20'; s = 0,5 - 1,0 \text{ mm}$ $\alpha = 20 - 30'; s = 1,0 - 2,0 \text{ mm}$ $\alpha = 30 - 45'; s = 2,0 - 4,0 \text{ mm}$ $\alpha = 45' - 1^\circ; s = 4,0 - 6,0 \text{ mm}$
<b>válcová nebo prizmatická</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>díly vyhazované zpět a rozměrné díly</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>malé díly do <math>\varnothing = 5 \text{ mm}</math></li> </ul>

## 2.3. Ohýbání

Ohýbání je základní metodou plošného tváření, při které se trvale deformuje materiál za účelem dosažení ohnutého nebo narovnaného tvaru. Ovšem tato deformace musí být bez podstatné změny tloušťky ohýbaného materiálu, aby se mohlo jednat o metodu plošného tváření.

## Proces ohýbání a deformace průřezu

Proces ohýbání je dobře znázorněn na obrázku (Obr. 3), kde je na první pohled patrné, že deformace, která vzniká při ohýbání, probíhá odlišně na obou stranách ohýbaného materiálu. Vrstvy kovu na vnitřní straně plechu se svírají ve směru podélném a naopak rozevívají ve směru příčném. Na straně vnější je proces obrácený. Mezi vnitřními stlačovanými a vnějšími natahovanými vrstvami je neutrální vrstva 0, která zůstává beze změny. [5]



Obr. 3 Schéma napětí a deformací při ohýbání [5]

## Odpružení při ohýbání

Odpružení při ohýbání je vlastně nechtěný jev, kterému se nelze vyhnout. Vznik odpružení je závislý na vnitřních silách v materiálu. Ve chvíli, kdy přestanou působit vnější síly, které ohýbají plech, dochází k částečnému vracení ohýbané části plechu do původního tvaru. Odchylka tohoto odpružení se nejvíce projeví na délce ohýbaných ramen. Čím je delší rameno, tím je odchylka od požadovaného tvaru větší.

Na odpružení plechu při ohýbání mají velký vliv pružné vlastnosti materiálu. Dalším faktorem je tloušťka materiálu a poloměr ohybu. Velikost samotného odpružení je k dohledání v odborné literatuře. Zde jsou většinou uvedeny grafy, z kterých lze vyhodnotit přibližné odpružení. V grafech se využívá poměr mezi minimálním poloměrem a tloušťkou ohýbaného materiálu. V těchto grafech většinou nejsou zaneseny vlivy dalších činitelů, které mohou celkové odpružení ovlivnit. Proto se většinou praxe trochu liší a skutečná hodnota se zjišťuje až při testování nástroje nebo při lisování. [5]

## Ohybová síla a práce

Výpočet ohybové síly a práce je podrobně uveden v ČSN 22 7340. Ovšem v našem případě si vystačíme se základními metodami, které slouží především k rychlému určení ohýbací síly  $F_0$  a práce  $A_0$ . Tyto výpočty slouží především pro výpočet ohýbaných dílu do tvaru, který znázorňují obrázky číslo 4 a 5. [3] [5]

Výpočet ohybové síly  $F_0$  a ohybové práce pro ohyb do tvaru V (ohyb do pravého úhlu) je znázorněn na obrázku č. 4. Skutečná ohybová síla  $F_0$  je určena se zřetelem na rovnání a kalibrování. Také se zde přihlíží k přípustné toleranci tloušťky pásky a dalším aspektům. [3]

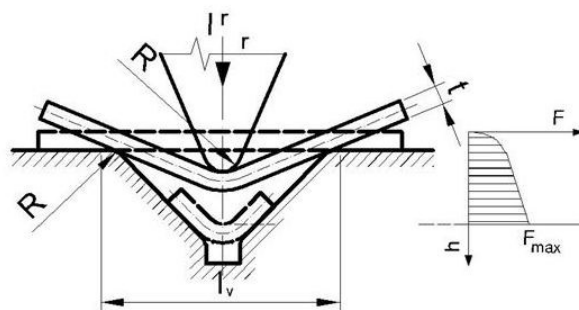
$$M_o = s_o \cdot W_o = F_o \cdot l/4 = b \cdot t^2 \cdot s_o/4 \rightarrow F_o \text{ [N]}$$

$$A = F_o \cdot k_1 \cdot h$$

Celková síla je potom rovna tomuto vzorci. Při speciální úpravě ohybníku proti odpružení celková síla vzroste o dalších 25 %. [3]

$$F = 1,3 \cdot F_o + F_k$$

$$F_k = S \cdot q$$

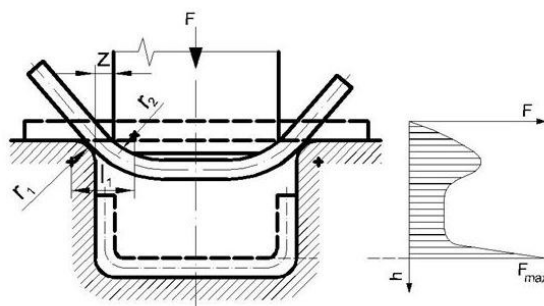


Obr. 4 Schéma ohýbání do tvaru V [3]

Výpočet ohybové síly  $F_0$  a práce  $A$  pro ohyb do tvaru U je znázorněn na obrázku č. 5. Vypočítá se podle těchto vzorců. [3]

$$M = 2 \cdot M_o = s_o \cdot W_o = b \cdot t^2 \cdot s_o/2 \rightarrow F_o \text{ [N]}$$

$$A = F \cdot k_2 \cdot h$$

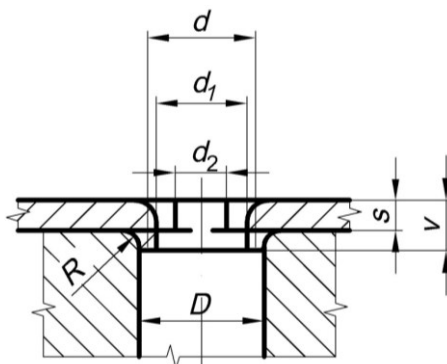


Obr. 5 Schéma ohýbání do tvaru U [3]

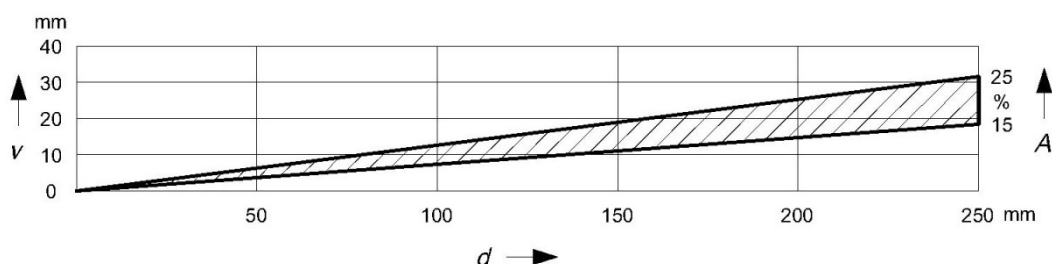
## 2.4. Tažení

Tažení je přeměna plochého materiálu na tvarové a hlavně prostorové těleso. Nejčastěji se tato metoda používá k vytvoření dutých těles. Při samotném procesu tažení by nemělo docházet k podstatné změně v tloušťce stěny materiálu vůči původní tloušťce plechu. Z hlediska náročnosti se jedná o jednu z nejnáročnějších metod plošného tváření.

Technologie tažení v plošném tváření se dělí na několik základních skupin. Mezi tyto skupiny patří prosté tažení, zpětné tažení, žlábkování, protahování a rozšiřování nebo zužování. Zadaný nástroj využívá z technologie tažení pouze skupinu protahování. Proto se zde omezují pouze na tuto metodu. Na obrázku č. 6 je zobrazeno protažení krčku potřebné k návrhu protahovacího trnu. Níže na obrázku č. 7 je diagram dosažené výšky krčku při tažení. [6]



Obr. 6 Protahování válcového tvaru [6]



Obr. 7 Diagram určující dosaženou výšku při protahování [6]

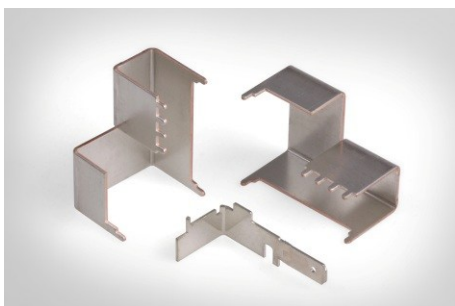


### 3. Návrh nástroje pro konkrétní výlisek

Návrh postupového lisovacího nástroje pro výlisek, dále označován v této práci jako Háček zavěšovací, jsem řešil ve společnosti **fortell s.r.o.** V této společnosti také pracuji na pozici vývojový konstruktér nástrojů a vstřikovacích forem. Tento výlisek je navržen pro konkrétního zákazníka, který je dodavatelem do automobilového průmyslu. Zákazník si dále zajišťuje externě povrchovou úpravu výlisku. Jedná se o nanesení zinku v tekuté lázni. Takto zpracovaný výlisek se následně osadí plastovým komponentem, dorazem a zajistí ocelovým pouzdrem. Pouzdra se do ocelového výlisku a plastového komponentu osazují na speciálním přípravku. Finální produkt se následně zabudovává na montážní lince společnosti, která vyrábí osobní automobily.

#### 3.1. Představení společnosti fortell s.r.o.

Společnost **fortell s.r.o.** byla založena roku 1995 jako soukromá firma se zaměřením na konstrukční a obchodní činnost. V této době měla společnost pouze 7 zaměstnanců. Za dva roky se tato společnost rozrostla o první výrobní odvětví a tím byla lisovna kovových výlisků. Na začátku zde byly lisovací automaty a excentrické lisy. Ovšem postupem času se objevila nutnost pořídit lisy větších lisovacích sil a uspokojit tím požadavky zákazníků. S tímto růstem byl spojen i pronájem nových a perspektivnějších prostor. V roce 2000 se podařilo společnosti rozšířit o další výrobní divizi, kterou byla nástrojárna na výrobu a opravu nástrojů. V tomto roce také získala společnost první certifikát jakosti ČSN ISO 9001. V roce 2003 se vedení společnosti rozhodlo založit lisovnu plastů. Tím se jim podařilo rozšířit sortiment výrobků. [7]



Obr. 9 Ukázka kovových výrobku 1 [7]



Obr. 8 Ukázka kovových výrobku 2 [7]

V roce 2007 přišla zatím zřejmě jedna z největších a nejdůležitějších investičních akcí v historii firmy. Začala výstavba nového výrobního závodu včetně administrativní budovy (Obr. 10). Tato výstavba byla dokončena na podzim roku 2008. S touto výstavbou bylo spojeno i mnoho změn v podniku jako modernizace výroby, logistiky a celého procesního řízení ve firmě. Následně se společnost začala rozšiřovat z hlediska kapacitního. Tento postupný růst v předchozích letech zabrzдила finanční krize, která postihla většinu oborů a firem nejen v regionu. Ovšem díky pestrému portfoliu zákazníků se podařilo i toto nelehké období překonat a v roce 2011 se mohly znovu začít rozšiřovat výrobní kapacity. Jedna z hlavních investic byl nákup rychloběžných lisů pro lisovnu kovů. Následoval nákup větších a robotizovaných lisů pro lisovnu plastů. Dnes zaměstnává společnost **fortell s.r.o.** 120 lidí a patří k jedné z předních nástrojáren v Lanškrounském regionu. Některé ocelové výrobky společnosti jsou ukázány na obrázcích (Obr. 8, 9 a 11). [7]



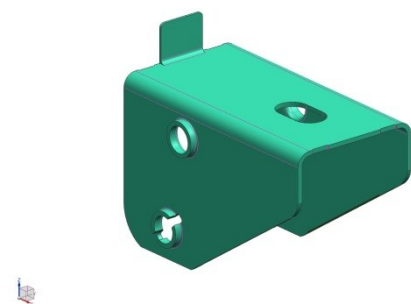
Obr. 10 Budova firmy fortell s.r.o. [7]



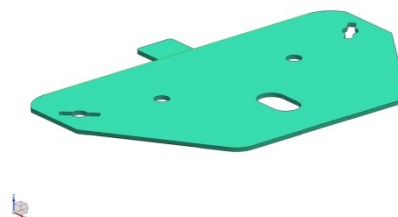
Obr. 11 Ukázka kovových výrobku 3 [7]

### 3.2. Požadavky na výlisek

Tvar a rozměry výlisku jsou přesně specifikovány na výkrese v příloze č. 1. Zde jsou pouze přiloženy obrázky dílů (Obr. 12 a 13), z kterých jsou již zřejmé některé technologické operace. Podle výkresu následně zjistíme, že není kladen důraz na kvalitu střížných hran. Můžeme tedy bez problémů použít standartní konstrukční řešení střížné oblasti nástroje. Větší důraz bude kladen na ohyby a jejich rozměr na otevřeném konci. V tomto případě budeme muset navrhnout vhodné řešení pro zajištění stálého rozměru v tolerancích.



Obr. 12 Model výlisku



Obr. 13 Model rozvinu výlisku

#### Materiál výlisku

Výlisek je vyroben z materiálu 11 321.21 podle normy ČSN 41 1321. Jedná se o nelegovanou konstrukční ocel. Tato ocel je vhodná ke střednímu tažení, protlačování, lakování a pokovení v tavenině. Plechy jsou vhodné pro tváření za studena. Svařování oceli je zaručené od tloušťky 0,5 mm. [8]

Tab. 2 Mechanické vlastnosti a chemické složení oceli [8]

Mechanické vlastnosti	Mez kluzu $R_e$	Mez pevnosti $R_m$	Tažnost $A_{80}$	
	235 MPa	280 – 380 MPa	29 %	
Chemické složení [%]	C	Mn	P	S
	max. 0,10	max. 0,45	max. 0,030	max. 0,030

#### Technologičnost výlisku

Technologičností výlisku nebo celé součásti je rozuměna možnost zhotovení za nejnižší možné náklady a pokud možno za nejkratší čas. Technologičnost výlisku je přímo závislá na použité technologii a velikosti série. Mezi další činitele, které ovlivňují tento proces, patří třeba vybavení výrobního podniku, organizace práce, ale také kvalifikace zaměstnanců. Všechny tyto aspekty se musí vést v patrnosti již při samotné konstrukci. Jelikož je

z odborné literatury dobře známo, že dodatečné zásahy technologa ve výrobě napraví pouze 5 – 15 % potřebných úprav ve prospěch technologičnosti, proto je samotný návrh jakékoli konstrukce velice důležitý a má rozhodující vliv na výsledek celého projektu. [1]

### 3.3. Návrh nástřihového plánu

Návrh nástřihového plánu je nejdůležitějším krokem před konstrukcí samotného postupového nástroje. Je zde kladen velký důraz na vhodně zvolenou technologii. Kroky v nástroji musí být systematicky řazeny, abychom na konci nástroje získali výlisek dle výkresu a v co možná nejlepší kvalitě. Od vhodně navrženého nástřihového plánu se následně odvíjí i dobrá konstrukce celého postupového nástroje. Dalším výsledkem dobře navrženého nástřihového plánu je využitelnost vstupního materiálu. Největší snahou je minimalizovat odpadní materiál ze střížných operací, jelikož cena vstupního materiálu hraje významnou roli v ceně projektu. Výlisek v nástřihovém plánu je nutné umístit tak, abychom zajistili dobré podání pásky a měli vhodně umístěné spojovací můstky. Proto se již na první pohled jeví umístění některých prvků jednoznačně. Velké boční ohyby výlisku bude dobré umístit po stranách, vodorovně ve směru podání. Pokud umístíme tyto ohyby kolmo vůči směru podání, vznikne problém s posunem pásky po ohybu. Navíc by bylo nutné rozšířit vstupní pásku o spojovací můstky, což zbytečně zvýší množství odstřiženého materiálu.

Při důkladnější úvaze nad možným návrhem nástřihového plánu se nenaskytá mnoho variant, jak umístit díl a jednotlivé kroky. V této práci nastíním dvě možné varianty, u kterých popíši jejich výhody a nevýhody. Z těchto dvou variant poté zvolím optimální řešení. Samozřejmostí bude přijmout určitý kompromis. Následně se začne navrhovat samotná konstrukce nástroje.

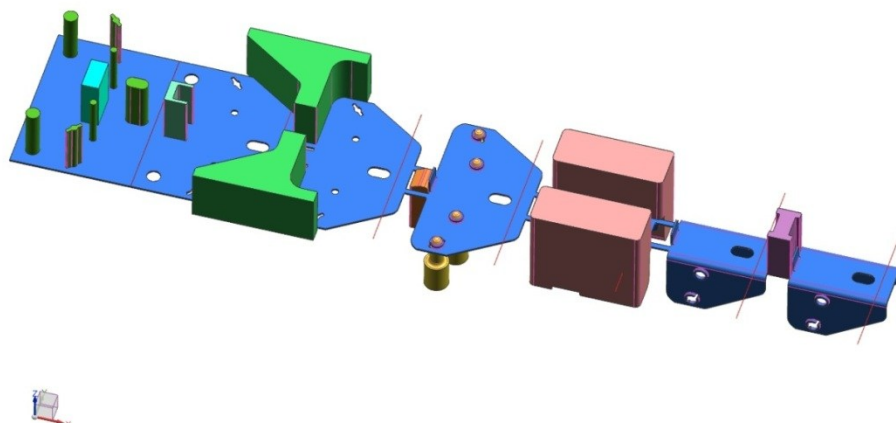
Rozhodli jsme se ponechat okraj pásky bez zastřížení a hrana pásky nám vytvoří zároveň hranu výlisku, jelikož je na výkrese výlisku uveden rozměr ohybu 36,6 mm jako nedůležitý (kóta v závorce) a nástřihový plán nám toto umožňuje. Dodavatel vstupního materiálu zaručuje toleranci pro šířku pásky  $\pm 0,2$  mm, proto nevzniknou žádné velké problémy při výrobě nebo zpracování dílů. Zákazník s tímto návrhem souhlasil, hrana není důležitá pro funkci výlisku.

Seřazení operací je v obou návrzích stejné, protože toto navržené pořadí je velmi systematické a logické. V obou případech se jedná o sedmi krokový nástřihový plán. Délka jednoho kroku je navržena na 70 mm. Tato délka se volí s ohledem na rozměr výlisku a následně je možné ji upravit dle potřeb nástroje. Na zobrazených nástřihových plánech jsou jednotlivé kroky děleny červenou čarou, která zároveň zobrazuje hranu vstupní pásky při

navedení do nástroje. Prvními operacemi jsou střihy, kdy se nastříhnou otvory pro první naváděcí trny. Následně se vystřihují další potřebné otvory a venkovní kontura dílu kromě spojovacích můstků. Následuje malý ohyb a průtahy otvorů, které musí být hotové před finálním ohybem dílu. Po vytvoření bočních stran dílu se odstříhnou spojovací můstky a výlisek je zhotoven.

### **Varianta 1**

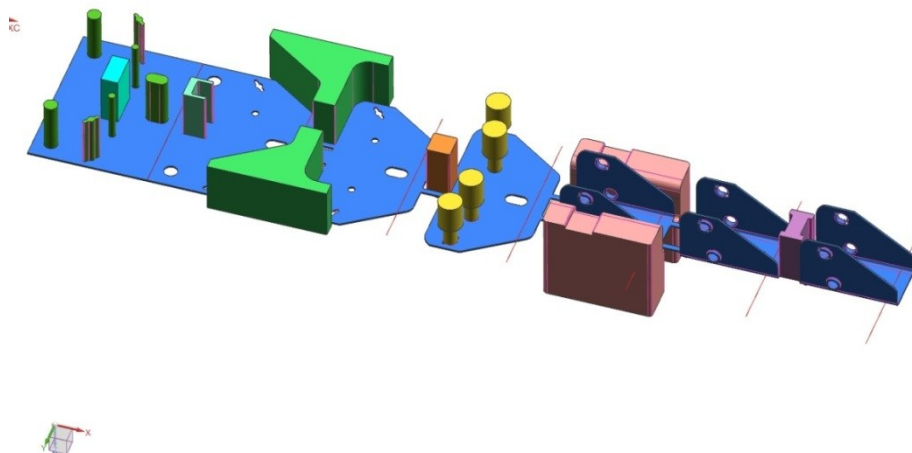
Na první zobrazené variantě (Obr. 14) jsou již navrženy všechny funkční prvky střižů, ohybu a průtahů. Při samotném návrhu jsme se také přesvědčili, že jsou vhodně rozmístěny kroky a vzdálenost mezi jednotlivými kroky je také vyhovující. Mezi nesporné výhody tohoto návrhu patří velké ohyby z horní strany nástroje. Jediná nevýhoda u této varianty je, že musíme ohýbat malý ohyb a průtah směrem nahoru. V nástroji to bude znamenat umístění odpružené desky. Tato deska nám vytáhne pásku z dolního ohybníku a z protahovacích trnů.



Obr. 14 Nástřihový plán Varianta 1

### **Varianta 2**

Na druhé zobrazené variantě (Obr. 15) je ponecháno krokování o rozvržení činných částí. Celý nástřihový plán je pouze otočen kolem podélné osy. Ze začátku se jeví vhodně řešený malý ohyb a průtahy, jelikož bude možné tyto operace provést směrem dolů. Ovšem velký ohyb budeme muset provést směrem nahoru a to je velice nepraktické z hlediska konstrukce spodních desek. Do návrhu bychom museli zahrnout sestavu desek se zdvihem, který by nám vytahoval ohýbaný výlisek. Tento zdvih by musel dosahovat až 30 mm.



Obr. 15 Nástřihový plán Varianta 2

### 3.4. Volba varianty

Po důkladném zhodnocení jsem zvolil první variantu, protože se jeví jako nejlepší možné řešení vzhledem k technologii lisování a umístění výlisku v nástřihovém plánu. Z technologického hlediska lze upřednostnit velké ohyby tvářené z horní části nástroje. Malý ohyb a průtahy jsou z dolní strany nástroje přijatelné, protože zdvih dolní desky bude pouze 10 mm. Umístění výlisku v nástřihovém plánu je velmi vhodné, protože operace na sebe plynule navazují a spojovací úvazky jsou dostatečně velké. Odpady vzniklé ve střížných operacích jsou minimální a domnívám se, že v tomto směru nelze dosáhnout lepšího řešení vzhledem k tvaru požadovaného výlisku.

#### Rozměry vstupního materiálu

Rozměry vstupní pásky vycházejí z výkresu výlisku, z nástřihového plánu a také z možností odvíjecího zařízení, které bude dodávat pásku do nástroje. Tloušťka pásky 1 mm je odvozena z výkresu výlisku. Šířka pásky 98 mm se volí podle rozloženého tvaru, který nám vyhodnotí konstrukční software. Pro zvolené odvíjecí zařízení se musí dodržet následující parametry vstupní pásky. Vnitřní průměr svitku 400 mm, venkovní průměr svitku 1 000 mm a hmotnost svitku max. 300 Kg. Vstupní páska je z požadovaného materiálu 11 321.21 (viz kapitola 3.2).

### 3.5. Plánovaná kalkulace postupového nástroje

V současném tržním prostředí je stejně důležitou součástí k technickému návrhu vytvoření co nejpřesnější výrobní kalkulace. Tato kalkulace se stává základní pomůckou pro obchodního zástupce výrobní společnosti při jednáních a stanovuje možnosti vzájemné obchodní spolupráce mezi partnery. Pro správnost výrobní kalkulace je nezbytné, aby tyto výpočty vytvářel vysoce kvalifikovaný a zkušený zaměstnanec, který je schopen ve stanovené kalkulaci předvídat možné nástrahy a neočekávané náklady při výrobě nástroje případně při následném lisování.

V tabulce (Tab. 3) kalkuluji cenu práce pro výrobu navrhovaného nástroje pomocí hodinových sazeb a předpokládané časové náročnosti jednotlivých činností.

Tab. 3 Kalkulace ceny práce

Oddělení	Činnost	Cena za hod. [Kč]	Počet hodin [hod.]	Náklady [Kč]
<b>Konstrukce:</b>	Konstrukce	550	130	71 500
	Konstrukce -detailování	550	80	44 000
	Technolog	450	20	9 000
<b>Nástrojárna:</b>	Frézka před kalením	500	100	50 000
	Soustruh před kalením	500	40	20 000
	Vrtání před kalením	500	60	30 000
	CNC Frézka po kalení	650	180	117 000
	Bruska po kalení	600	120	72 000
	Drátové řezání - elektroerozivní obrábění	800	220	176 000
	Hloubička - elektroerozivní obrábění	800	15	12 000
	Montáž	550	105	57 750
<b>Lisovna kovu:</b>	Testování nástroje	500	7	3 500
<b>Kontrola:</b>	Kontrola výlisku	550	3	1 650
	<b>Celkem</b>		<b>1 080</b>	<b>664 400</b>

Základem přesné cenotvorby je znalost nákladů společnosti a neustálý controlling těchto nákladů. Celkové náklady se pomocí vhodné metody kalkulují na jednotlivá výrobní střediska. Ve společnosti **fortell s.r.o.** jsou stanoveny hodinové sazby na jednotlivé stroje. Sazba především obsahuje tyto náklady – mzdy dělníků, energie, spotřební materiál, odpisy, leasingy strojních zařízení, režijní náklady střediska. Významnou složkou kalkulace postupového nástroje jsou materiálové náklady v podobě ocelí uvedených v kapitole 4.6. Nákupní cena těchto komodit podléhá značné volatilitě, na kterou má velký vliv nabídka a



poptávka na komoditních burzách a také měnové riziko při nákupech v cizí měně. Proto je důležité vytvářet výhledy do budoucna tzv. „forecasty“ cen materiálu. Podkladem pro tyto reporty je znalost odvětví a informace od dodavatelů.

V tabulce (Tab. 4) uvádím materiálové výdaje v podobě předpokládaného množství jednotlivých ocelí, které budou použité při výrobě a předpokládané ceny pro dané čtvrtletí, ve kterém bude postupový nástroj vyráběn. Náklady na materiál tvoří mimo různých typů ocelí také výdaje na normalizované součásti nástroje tzv. normálie a dále předpokládané výdaje u kooperantů za kalení ocelí a nanesení povlaků na činné části pro delší životnost nástroje.

Tab. 4 Materiálové výdaje

Typ	Množství [MJ]	Cena za jednotku [Kč/MJ]	Náklady [Kč]
Měkká ocel	180	30	5 400
Tvrdá ocel	55	260	14 300
Normálie			35 000
Kooperace - kalení	55	300	16 500
Kooperace - povlak			6 000
<b>Celkem</b>			<b>77 200</b>

Po provedení součtu nákladů za práci a materiál získáme celkové náklady na výrobu postupového nástroje (Tab. 5). Celkový náklad zvýšíme o požadovanou procentuální marži. V našem případě předpokládáme 12 % a dostaneme požadovanou prodejní cenu výrobku. Na konečnou prodejní cenu postupového nástroje mohou mít vliv další dohodnuté obchodní podmínky např. doba splatnosti, sleva za předčasnou platbu, pojištění pohledávek, náklady za dopravu nebo množstevní sleva.

Tab. 5 Prodejní cena nástroje

Položka	Částka Kč
Materiálové náklady	77 200
Náklady na práci	664 400
<b>Celkové náklady</b>	<b>741 600</b>
Požadovaná marže - 12 %	88 992
<b>Výsledná prodejní cena (bez DPH)</b>	<b>830 592</b>



## 4. Konstrukční řešení nástroje

V případě, že je rozhodnuto, jak bude vypadat nástřihový plán, můžeme začít se samotným návrhem konstrukce nástroje. Samozřejmě nástřihový plán je možné v průběhu samotné konstrukce ještě upravovat. U našeho výlisku nepředpokládám velké zásahy do již navrženého nástřihového plánu, protože se jedná o relativně jednoduchý díl.

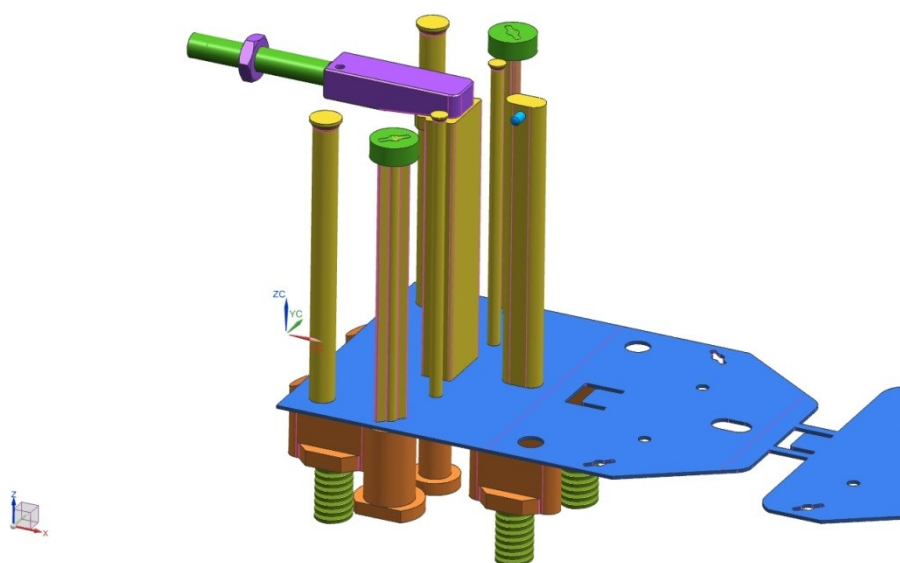
V konstrukčním řešení nástroje budou popsány jednotlivé kroky nástřihového plánu. Budou zdůrazněny jejich přednosti, zápory a případně upozornění na možné komplikace. Každý tento návrh a jeho kvalita je závislá na zkušenostech konstruktéra, který jej provádí. V tomto návrhu musí být také provedeny všechny potřebné výpočty. Jednak je nutné určit střižné vule a následně provést silové výpočty pro odvození vhodného lisu.

### 4.1. Činné části nástroje

Jedná se o všechny komponenty nástroje, které přicházejí do přímého kontaktu se vstupním materiálem pásky, případně jsou s těmito díly úzce spojeny. Nástřihový plán je navržen pro sedm kroků nástroje. Proto zde popíšu postupně jednotlivé kroky od začátku nástroje až po jeho konec. V každém kroku budou zmíněny hlavní činné části, které stříhají nebo tvarují vstupní pásku do požadovaného tvaru výlisku.

#### První krok

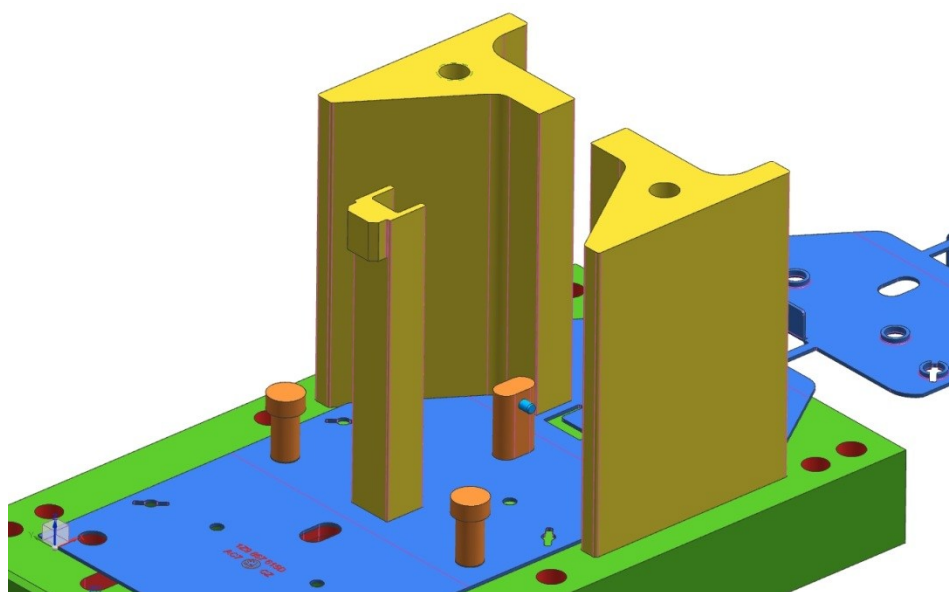
V prvním kroku (Obr. 16) dochází ke střížení všech otvorů pro budoucí výlisek. První dva kulaté otvory slouží pouze pro naváděcí trny, které budou v dalším kroku střídit nástřihový plán. Následuje výstřih dvou kulatých otvorů a dvou tvarových otvorů. Tyto otvory jsou na výlisku na bočních ohnutých stěnách. Posledním otvorem je oválná drážka, která je na výlisku na horní stěně. Do tohoto kroku bylo navíc zařazeno vyražení popisu dílu, které zajišťuje obdélníkový razník s příslušným nápisem. Kulaté otvory budou osazeny normalizovaným střižníkem. Ostatní střižníky bude nutné vyrobit. Pro všechny střižné operace budou samostatné vložky ve střižné matici. Tyto vložky jsou vhodné pro rychlou výměnu nebo opravu při nestejném opotřebení nebo náhlém poškození. Tvar střižných vložek navrhuji kuželový s válcovou fasetkou, jak je popsáno v kapitole 2.2 Základní tvary střižných matic. Jedná se o přesné a dobře udržitelné střižné matrice.



Obr. 16 Činné části – Krok 1

### Druhý a třetí krok

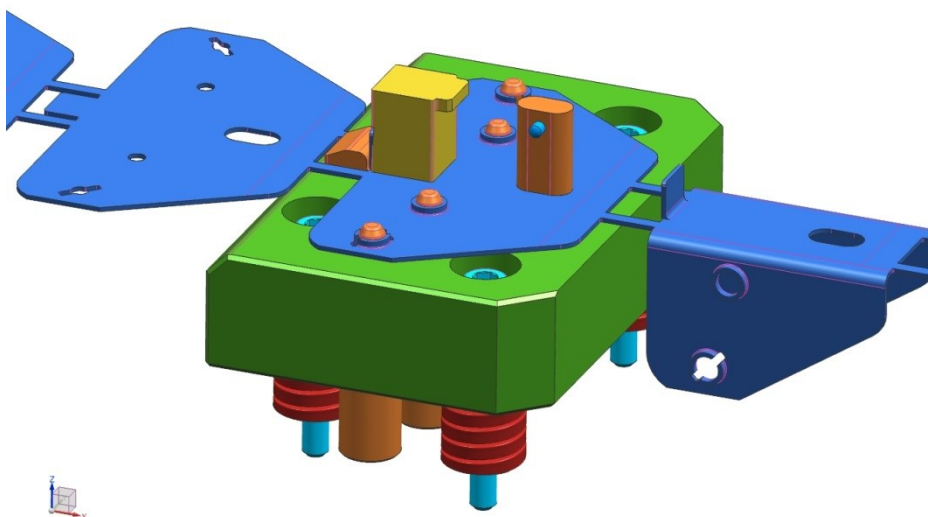
Druhý a třetí krok (Obr. 17) se vzájemně slučují. Toto řešení bylo zvoleno, aby nedošlo ke zbytečnému prodloužení nástroje. V druhém kroku se obstříhne budoucí malý ohyb výlisku a spojovací můstky. V tomto kroku jsou také použity naváděcí trny na přesnější sestředění nástřihového plánu. Ve třetím kroku dochází k venkovnímu obstřížení kontury výlisku. Tento krok částečně zasahuje do druhého kroku. Při tomto stříhu se odstříhnou i otvory po předchozích naváděcích trnech. Bylo nutné najít jiné přesnější sestředění nástřihového plánu. Jedinou a vhodnou možností je před stříhnout oválný otvor uprostřed budoucího výlisku. Proto zde použijeme nestandardní oválný naváděcí trn, který nástřihový plán a pásku vystředí v nástroji. Pro malý tvarový střižník je připravena vložka ve střižné matrici. Pro velké stříhy by bylo velmi komplikované připravovat vložku. Proto jejich stříh zajišťuje přímo střižná matrice. Zmíněné velké střižníky jsou záměrně navrženy, aby přesahovaly za šířku vstupní pásky, jelikož potřebujeme dobré napojení střižných hran na tyto hrany pásky. Vlivem výrobní tolerance při válcování vstupní pásky dochází k rozdílné šířce a ta není nikdy stejná, proto by se nám nepodařilo napojit. Takto navržený střižník nám lehce zasahuje do vodících lišt, které bude nutné odlehčit v těchto místech.



Obr. 17 Činné části – Krok 2 a 3

### Čtvrtý krok

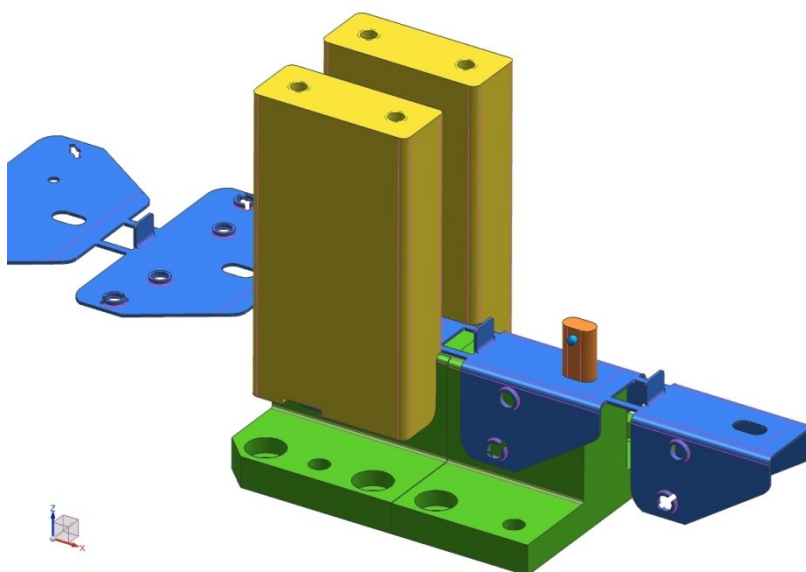
Čtvrtý krok (Obr. 18) nám přinesl do návrhu nástroje drobné komplikace, protože malý ohyb a průtahové trny jsou navrženy ze spodní části. Tyto komplikace jsou popsány již v návrhu nástřihového plánu. Pro dobrý návrh činných částí v této oblasti bylo nezbytné navrhnout odpruženou desku průtahů, která nám zajistí setření vstupní pásky z průtahových trnů a dovolí podávat krok nad těmito činnými částmi. Díky této desce je nutné do zbytku nástroje doplnit zvedače, které přizvednou zbytek nástřihového plánu do stejné výšky jako deska průtahů. Na přizvednutí desky se použijí čtyři pružiny zajištěné čtyřmi stavěcími šrouby. Vedení desky bude zajištěno okolními matricemi. Z bočních stran je vedení zajištěno vodíci kameny, které zároveň slouží k vedení nástřihového plánu. Jako další pomocné vedení slouží také samotné činné části. Spodní ohybník a protahovací trny jsou ukotveny v přesných otvorech v základní desce a deska průtahu se může pohybovat i na nich samotných. V horní přítlačné vložce je vsazena pouze ohybová vložka pro malý ohyb. Vystředění nástřihového plánu opět zajišťuje oválný naváděcí trn.



Obr. 18 Činné části – Krok 4

### **Pátý a šestý krok**

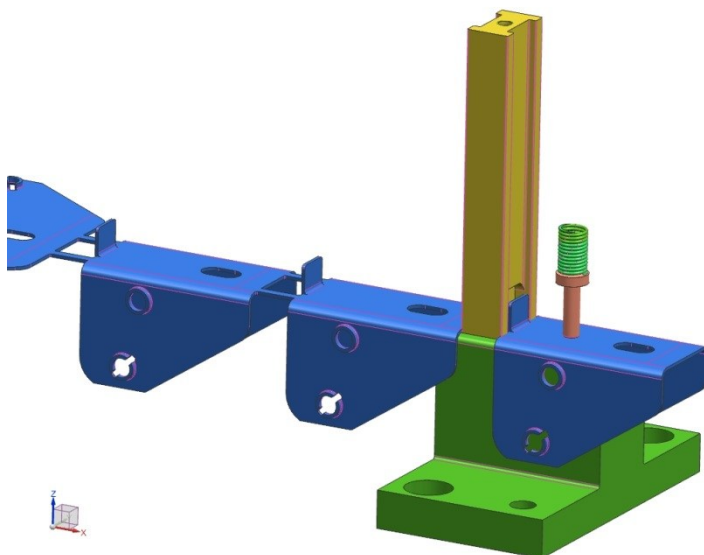
V pátém kroku (Obr. 19) dochází k předposlední operaci v nástroji. Jedná se o velký ohyb, který musí vytvarovat výlisek do požadovaného tvaru. K tomuto ohybu slouží dva velké ohybníky z levé a pravé strany. Ve spodní části nástroje je ohybová matrice. Jelikož v předchozím kroku byly protažené krčky v místech bočních děr, musí mít ohybník připravené odlehčení pro tyto krčky, aby je při ohýbání nepoškozoval. Šestý krok (Obr. 19) nemá žádnou speciální funkci a slouží tedy jako prázdný krok. V tomto kroku bylo pouze nutné zajistit odlehčení pro již ohnutý horní malý ohyb. V obou těchto krocích je nástřih středěný oválným naváděcím trnem z přítlačné desky.



Obr. 19 Činné části – Krok 5 a 6

## Sedmý krok

Sedmý krok (Obr. 20) je posledním krokem nástroje, kde dochází k odstřížení zhotoveného výlisku. Zde je použit tvarový střížník, který přestřihává spojovací můstky. Střížník je zhotoven jako tvarový, aby přestříhl pouze spojovací můstky a nepoškodil výlisek v jiném místě nebo dokonce nepoškozoval horní ohnutý malý ohyb výlisku. Střížná hrana ovšem nemůže být navržena s hranou výlisku, jelikož by opět nemuselo dojít k přesnému odstřížení. Naopak by došlo k tvorbě hrotů a špon, proto je střížná hrana zasazená zhruba 0,3 mm do výlisku. Tato skutečnost je zanesena i na výkrese výlisku. Střížná matrice je velice podobná ohýbací, ale má v sobě střížný otvor. V tomto kroku již není použito středění. Pouze v horní přítlačné vložce je navržený odpružený kolík, který zajistí odlepení výlisku z horní strany nástroje, kam se výlisek přilepuje vlivem mazání vstupní pásky před nástrojem. Výlisek po odstřížení již není držen zbytkem nástřihového plánu, který se stírá pomocí osazených vodících lišt v přední části nástroje.



Obr. 20 Činné části – Krok 7

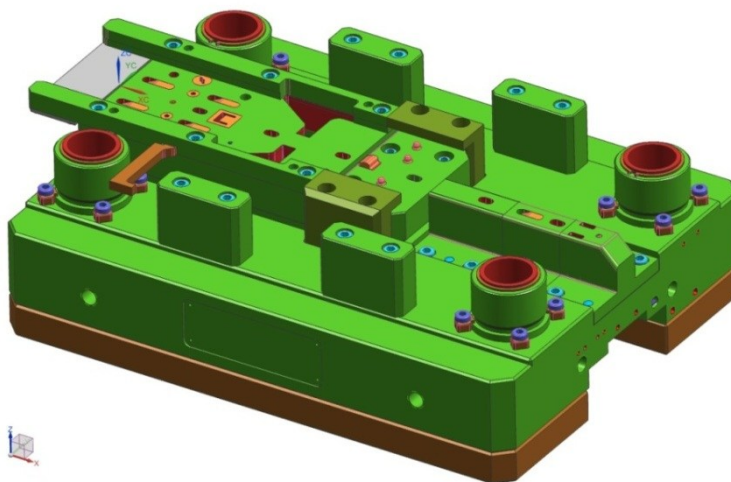
## 4.2. Rám nástroje

Z konstrukčního hlediska se jedná o klasický postupový nástroj s použitím běžného rámu. Tento rám je tvořen základní deskou, vodící deskou a upínací deskou. Všechny tři desky jsou spojeny normalizovanými vodícími kolíky a pouzdry. Na tyto desky se následně navrhují a připevňují všechny ostatní desky, vložky nebo jiné komponenty, které jsou nutné pro správnou funkci postupového nástroje jako celku. V této kapitole budou zmíněny jednotlivé desky, včetně jejich funkce a osazených komponentů.

## Základní deska

Základní deska je umístěna jako první z dolní strany nástroje. Pomocí této desky se připevní nástroj k desce lisu a je základnou pro celou spodní část nástroje (Obr. 21). Pod základní desku se umísťují podložky, které zajistí mezeru pod nástrojem. Do vzniklé mezery se umísťují skluzové plechy pro odpadový materiál a také slouží k nahlédnutí do prostorů pod nástrojem. Další skluz je poté zařazen na konci desky a nástroje. Slouží k odvedení již hotových výlisků. Nejdůležitějším a velmi přesným prvkem základní desky jsou normalizovaná kuličková vodící pouzdra. Tyto pouzdra střídají všechny desky na sebe a zajišťují bezproblémové vedení. Z horní části desky jsou poté navrženy střížné matrice, které jsou částečně osazeny o střížné vložky. Jejich hlavní význam je v případě otupení nebo dokonce vyštípnutí hrany, protože není potřeba brousit celou desku. Jelikož je základní deska z měkké oceli, je nutné mezi ní a střížnou maticí umístit kalenou podložku, o kterou se opírají všechny střížné vložky.

V druhé polovině nástroje se nachází ohybové matrice. Střížné i ohybové matrice musí být se základní deskou spojeny přesnými kolíky, abychom zajistili jejich jednoznačnou polohu v nástroji. Dalším velmi důležitým prvkem jsou vodící lišty, které vedou vstupní pásku v nástroji. V těchto lištách je také navržen počáteční doraz pod pružinou, který se využije při prvním najetí pásky do nástroje. Seřizovač umístí hranu pásky na tento doraz. Tímto se zamezí případné kolizi nebo poškození nástroje při spouštění výroby. Posledními ale také důležitými prvky jsou zvedací prvky pod pružinou, které přizvednou vstupní pásku po rozevření nástroje. Následně se při podání sníží tření, jelikož páska se dotýká pouze v místech zvedacích komponentů. Další nespornou výhodou je volný prostor pod páskou, který lze využít k odstranění nežádoucích nečistot ze střížné nebo ohybové matrice.



Obr. 21 Rám nástroje – Spodní část

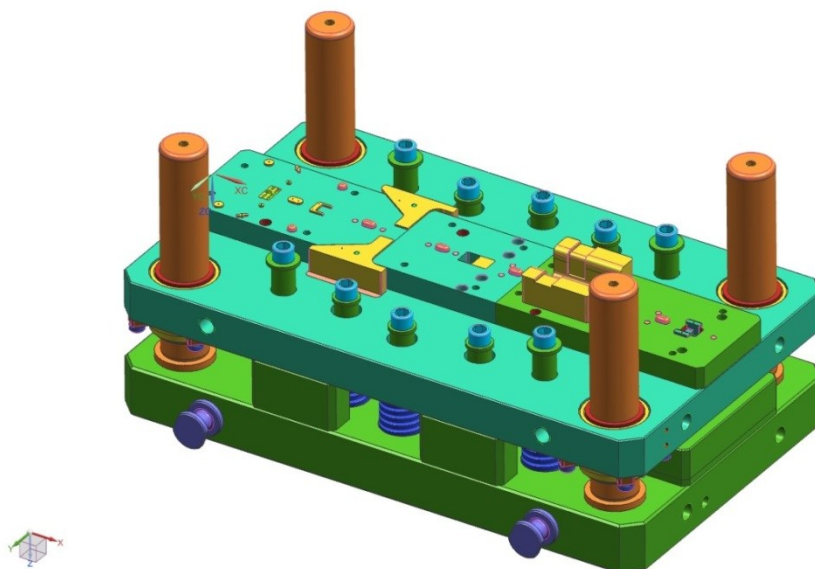
## **Vodící deska**

Jedná se o pohyblivou desku, která je umístěna uprostřed nástroje. Tato deska je přímo spojena s horní upínací deskou. Vodící deska s upínací deskou tvoří jako celek horní pohyblivou část nástroje (Obr. 22). Spojení je provedeno přes distanční šrouby nebo distanční trubku s podložkou a šroubem. Pod tyto šrouby se vkládají pružiny, které nám zaručí příslušný zdvih a sílu pro přítlak vstupní pásky. Proto se tato deska také někdy nazývá přítlačná deska. Přítlak nástřihového plánu je velice důležitý pro kvalitu všech operací v nástroji (stříhy, ohyby, průtahy). Středění desky opět zajišťují normalizovaná vodící pouzdra.

Vodící deska většinou vyrobená z měkké oceli je osazena přítlačnými vložkami z kalené oceli. Tyto vložky se opírají přímo o nástřihový plán a vytvářejí přítlak ke spodním matricím. Dále tyto části zajišťují ještě jednu velmi důležitou činnost a tou je vedení činných částí nástroje. Všechny střižníky a ohybníky jsou vedeny v přítlačných vložkách. Je velmi důležité, aby při rozevřeném nástroji byly všechny horní činné komponenty uvnitř v přítlačných vložkách a nevyčnívaly ven. Tento způsob je správný z hlediska funkce nástroje. Jelikož při lisování se pohybuje horní část nástroje dolů, kde vodící deska vytváří tlak na vstupní pásku dříve, než dojde ke stříhání nebo ohýbání, přítlačná síla se určí podle použitých pružin. V našem případě, kdy máme kvůli bočním ohybům velký rozjezd vodící desky od upínací, nám nevystačí vedení pouze v přítlačných vložkách. Proto bude nutné zhotovit přesné vodící otvory i do měkké vodící desky. Toto řešení je celkem běžné. Pouze u velmi namáhaných nástrojů lze použít zušlechťenou desku nebo příslušné oblasti v měkké desce osadit kalenými vložkami.

## **Upínací deska**

Upínací deska je umístěna jako poslední horní deska nástroje, která slouží k upnutí nástroje k horní pohyblivé části lisu. U menších nebo středních nástrojů, jako je tento, postačí upnutí za horní upínací čep, který se do upínací desky šroubuje. Tento díl můžeme vyrobit nebo nakoupit jako normálii. Upínací deska je osazena vodícími kolíky, které dále pohyblivě spojují vodící a základní desku přes jejich pouzdra. Na spodní stranu upínací desky se usazují kotevní desky. V těchto deskách jsou upevněny všechny střižníky, ohybníky a naváděcí trny. Pod kotevní desky je nutné připravit kalené opěrné plechy, které zaručí vhodnou dosedací plochu všech činných částí stejně, jako je tomu u základní desky.



Obr. 22 Rám nástroje – Horní část

### 4.3. Normalizované komponenty

Jedná se o komponenty, které se používají v každém nástroji, jako jsou například vodící pouzdra, střižníky pro otvory, naváděcí trny, pružiny, atd. Rozdíl je pouze ve velikostech a provedení příslušné normálie. Tyto díly jsou normalizované podle katalogů. Neboť je na trhu celá řada dodavatelů normálií, existuje i mnoho druhů komponentů. Určitý základní sortiment normálií mají všichni dodavatelé stejný. Liší se zejména různými výjimkami a speciálními částmi, kterými se snaží jednotliví dodavatelé prosadit na trhu. Zároveň se tím odlišují od konkurence a zvyšují šanci na větší poptávku po jejich zboží. V tomto nástroji jsou použity normalizované díly od firmy Meusburger Georg GmbH. V této kapitole budou popsány pouze nejdůležitější normálie využití v tomto nástroji. Mezi normalizované díly patří také šrouby a kolíky, kterými se v této práci nezabývám. [9]

#### Vodící pouzdra a kolíky

Tyto pouzdra se využívají k přesnému pohyblivému sestředění spodní a horní části nástroje. Používají se kuličková nebo válečková, protože jsou přesnější než kluzná. Dovolují také pracovat ve větších taktech s prakticky žádným rizikem zadření. Mazání se zajišťuje běžným olejem nebo vazelínou. Většina dodavatelů má dnes sjednocený rozměr těchto vodících prvků a rozdíly jsou pouze ve zpracování. Podle velikosti rámu nástroje lze navrhnout dle katalogů příslušný rozměr pro zaručený chod nástroje.



## **Pružiny**

Pružiny se v nástroji používají především na vyvinutí přitlačné síly na vstupní materiál. Tato síla drží nástřihový plán před samotnými činnými operacemi a zajišťuje jejich kvalitní provedení. Dále se pružiny používají na všech ostatních místech, kde potřebujeme docílit nějakého zdvihu, jako jsou například zvedací prvky nebo počáteční doraz.

## **Střížníky a naváděcí trny**

Normalizované střížníky jsou velice vhodné pro zhotovení kulatých otvorů v pásce. Dále se z nich vyrábí naváděcí trny, pokud je příslušný dodavatel již nenabízí přímo ve své nabídce. Výhoda těchto střížníků spočívá především v jejich ceně. Dodavatelé normálie je vyrábí ve velkých sériích a výroba několika kusů je oproti nim velmi nákladná. U naváděcích trnů je nutné pamatovat na zmenšení průměru oproti předchozímu střiženému otvoru. Zmenšení se pohybuje v rozmezí 0,02 až 0,04 mm.

## **4.4. Potřebné výpočty**

V této kapitole jsou uvedené všechny potřebné výpočty k návrhu nástroje. Jedná se o velmi důležitý bod pro určení vhodného lisu, ale také pro dobře navrženou konstrukci nástroje. V každé literatuře se vyskytují trochu jiné vzorce nebo tabulky pro určení silového zatížení nebo jiných výpočtů. Výpočty, které jsem zde použil, jsou uvedeny v teoretické části této práce.

## **Využití vstupního materiálu**

Využití materiálu ( $X_{\text{využití}}$ ) lze určit dle velice jednoduchého výpočtu. Zde se porovnává plocha polotovaru  $S_{\text{pol}} = 6\,860 \text{ mm}^2$  proti ploše rozvinutého výlisku  $S_v = 4\,693 \text{ mm}^2$ . Výsledek tohoto výpočtu se udává v procentech a využívá se především k určení výsledné ceny výlisku. Hodnoty pro můj výpočet jsem získal z konstrukčního softwaru, v kterém byl nástroj navrhován.

$$X_{\text{využití}} = \frac{S_v}{S_{\text{pol}}} \cdot 100 = \mathbf{68 \%}$$

Využitelnost námi navrženého nástřihového plánu je 68 %. Odpad z postupového nástroje bude činit pouze 32 %. Tento výsledek je velice pozitivní a domnívám se, že lepších hodnot již nelze dosáhnout. V následné cenové kalkulaci bude mít tento výsledek velice dobrý vliv na výslednou cenu výlisku, protože vstupní materiál hraje v ceně výlisku důležitou roli.

### Návrh střížné vůle

Pro návrh střížné vůle lze vycházet z kapitoly 2.2. střížná vůle. Zde je podrobněji popsána funkce a určení velikosti střížné vůle. Samotné určení velikosti střížné vůle se odvodí z tabulky v literatuře podle jakosti a tloušťky stříhaného materiálu. V našem případě se jedná o měkkou až středně tvrdou ocel o tloušťce 1 mm. Střížná vůle bude tedy odpovídat 5 až 6 % tloušťky materiálu, to je zhruba 0,05 až 0,06 mm. Přihlédneme-li k tomu, že se jedná o ocel spíše menší pevnosti a také k možnosti případného zvětšení střížné vůle, zvolím raději 0,05 mm. V případě potřeby se střížná vůle změní při lisování.

### Výpočet střížné síly

Střížnou sílu ( $F_S$ ) vypočítáme pomocí vzorce, který je uveden v kapitole 2.2. Střížná síla a práce. Tloušťka stříhaného materiálu je v našem případě  $s = 1$  mm. Obvod stříhů je možné zjistit ze softwaru, v kterém je navrhován nástroj. Obvod všech střížných hran, včetně hran spojovacích můstků je pro tento případ  $O = 460$  mm. Pevnost tvářeného materiálu  $R_m = 320$  MPa jsem získal v kapitole 3.2. Materiál výlisku. Po vypočítání střížné síly podle vzorce je nutné dopočítat skutečnou střížnou sílu ( $F$ ), která je zhruba o 15 % větší z důvodu otupení střížných hran a dalších vlivů.

$$t_s = 0,8 \cdot R_m$$

$$F_S = (1,1 - 1,3) \cdot O \cdot s \cdot t_s \text{ [N]}$$

$$F = F_S + (0,15 \cdot F_S) = \mathbf{163 \text{ kN}}$$

### Výpočet ohybové síly

Ohybovou sílu vypočítáme pomocí vzorce, který je uveden v kapitole 2.3. Ohybová síla a práce. Pro námi navržený výlisek použijeme oba vzorce. Pro malý ohyb použijeme vzorec na ohyb do tvaru V, který sice není úplně shodný, ale bude dostačující, jelikož síla na tento

ohyb není klíčová a výsledek bude v malých hodnotách. Pro velký ohyb použijeme vzorec na ohyb do tvaru U, který je shodný s tímto ohybem.

Hodnota  $b$  = šířka polotovaru je pro malý ohyb 11 mm a pro velký ohyb je 57 mm. Dále musíme zjistit hodnotu  $l$  = vzdálenost podpěr, která je pro malý ohyb 14 mm a pro velký ohyb se neudává. Tloušťka materiálu  $t = 1$  mm a pevnost  $R_m = 320$  MPa. Před každým výpočtem je ještě nutné spočítat nebo zvolit součinitel tření  $C$  a ohybové napětí  $S_o$ .

Výpočet síly pro malý ohyb do tvaru V ( $F_{oV}$ ) včetně kalibrace:

$$C = 1 + 4 \cdot t/l \rightarrow C = 0,357$$

$$S_o = R_m \cdot C \rightarrow S_o = 114,24$$

$$M_o = s_o \cdot W_o = F_o \cdot l/4 = b \cdot t^2 \cdot s_o/4 \rightarrow F_o \text{ [N]} \rightarrow F_o = \frac{b \cdot t^2 \cdot s_o}{4} \text{ [N]}$$

$$F_o = 314,16 \text{ N}$$

$$F_{oV} = F_o \cdot 2 = \mathbf{0,63 \text{ kN}}$$

Výpočet síly pro velký ohyb do tvaru U ( $F_{oU}$ ) včetně kalibrace:

$$C = 1,7$$

$$S_o = R_m \cdot C \rightarrow S_o = 544$$

$$M = 2 \cdot M_o = s_o \cdot W_o = b \cdot t^2 \cdot s_o/2 \rightarrow F_o \text{ [N]} \rightarrow F_o = \frac{b \cdot t^2 \cdot s_o}{2} \text{ [N]}$$

$$F_o = 15\,504 \text{ N}$$

$$F_{oU} = F_o + F_p = F_o + (0,30 \cdot F_o) = \mathbf{20,2 \text{ kN}}$$

### Výpočet síly při protahování

U tohoto výlisku zákazník požaduje pouze lehké protažení krčku. Volím proto jednoduchý výpočet podle vzorce na tažení bez přidržovače. Nástroj je navržen tak, aby do předstřiženého otvoru najel protahovací trn, který pouze protáhne materiál do horního většího otvoru. Z tohoto důvodu není materiál v místě průtahu přidržován. Průměr samotné činné části navrženého protahovacího trnu je  $d = 6$  mm. Tento průměr je důležitý pro výpočet plochy tváření, kterou nesmíme zapomenout násobit čtyřmi, protože v nástroji máme 4 protahovací trny. Tloušťka protahovaného materiálu je  $s = 1$  mm. Pevnost tvářeného materiálu  $R_m = 320$  MPa jsem získal v kapitole 3.2. Materiál výlisku.

$$S_1 = \pi \cdot d \cdot s = 18,85$$

$$S = S_1 \cdot 4 = 75,4$$

$$F = S \cdot R_m \text{ [N]}$$

$$F = \mathbf{24,13 \text{ kN}}$$

### **Síla přítlačných pružin**

Sílu přítlačných pružin ( $F_{\text{přit}}$ ) nebudeme počítat. Tato hodnota je k dohledání v katalogu k příslušné pružině. V našem případě jsme použili pružiny od firmy Meusburger Georg GmbH. Jedná se o 10 kusů modrých pružin E 1543/40x102. Tyto pružiny zmáčkeme maximálně o 30 mm ze 102 mm na 72 mm. Zdvih vodící desky je pouze 26 mm, ale 4 mm počítáme na předmáčknutí pružin. Podle katalogu namáháme pružiny na střední zatížení označené jako  $S_2$ . Jedna pružina má tedy sílu  $F_1 = 2\,480 \text{ N}$ . [9]

$$F_{\text{přit}} = F_1 \cdot 10 \text{ kusů} = \mathbf{24,8 \text{ kN}}$$

### **Síla spodních zvedacích prvků**

Jedná se o sílu, kterou vynaloží deska průtahů a spodní zvedáče. Tuto sílu musí nástroj překonat při tvářecím procesu. Tuto sílu lze určit stejně jako předchozí z katalogu.

Pro desku průtahů jsou použity 4 kusy červených pružin E1544/20x25. Pružiny zmáčkeme o 6 mm, z čehož 5 mm je zdvih a 1 mm je na předpružení. Pružiny namáháme na střední zatížení  $S_2$ . Zde má jedna pružina sílu  $F_1 = 1\,300 \text{ N}$ . [9]

$$F_{\text{Deska Průtahů}} = F_1 \cdot 4 \text{ kusy} = \mathbf{5,2 \text{ kN}}$$

V našem návrhu nástroje je použito celkem 5 zvedacích prvků, které pomáhají přizvednout pásku. Zde jsou navrženy slabší zelené pružiny s označením E1542/12,5x25. Pružiny zmáčkeme na stejné hodnoty jako pružiny u předchozí desky průtahů. U těchto pružin se jedná o nízké zatížení  $S_1$ , které udává jedné pružině sílu  $F_1 = 108 \text{ N}$ . [9]

$$F_{\text{Zvedáče}} = F_1 \cdot 5 \text{ kusů} = \mathbf{0,54 \text{ kN}}$$

## Součet všech sil v nástroji pro určení lisu

Pokud jsme získali nejdůležitější silové výpočty v nástroji, můžeme tyto síly sečíst a tím vypočítat celkovou sílu potřebnou na celý navržený nástroj. Podle této síly můžeme určit vhodný lis pro sériové lisování. Je dobré si uvědomit, že při zkoušení nástroje může vzniknout potřeba zvýšit přítlačnou sílu nebo doplnit nějaké kalibrování. Tyto úkony nám následně můžou posunout lisovací sílu na vyšší hodnoty. Proto je velmi vhodné volit lis, který má minimálně o polovinu větší sílu, než je hodnota výpočtu pro samotný nástroj. Ideální je dvojnásobná lisovací síla lisu. Tato volba má následně pozitivní odraz nejen na životnost lisu, ale také na celkovou kvalitu výrobního procesu. Při tomto celkovém výpočtu sčítáme sílu střížnou, ohybovou, tažnou, přítlačnou a sílu zvedacích prvků. Pro přehlednost provedeme sečtení v tabulce č. 6.

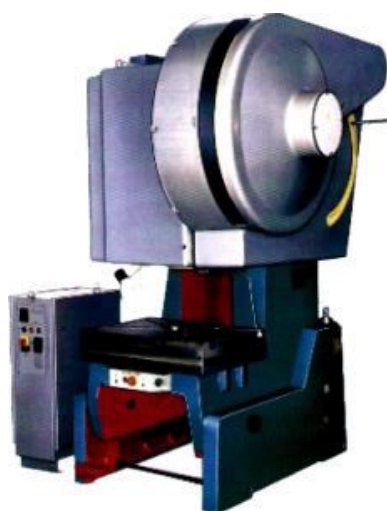
Tab. 6 Součet všech sil v nástroji

Druh síly	Výsledek síly
Střížná síla	163 kN
Ohybová síla – malý ohyb	0,63 kN
Ohybová síla – velký ohyb	20,2 kN
Síla při protahování	24,13 kN
Síla přítlačných pružin	24,8 kN
Síla dolní desky průtahů	5,2 kN
Síla dolních zvedačů	0,54 kN
<b>Celková síla</b>	<b>238,5 kN</b>

Celková lisovací síla pro navrhovaný nástroj dosahuje 238,5 kN. Z konstrukčního a technologického hlediska doporučuji použít minimálně 400 kN lis.

### 4.5. Návrh vhodného lisu

Samotný návrh lisu je výsledkem dohody konstrukce s příslušným technologem lisovny kovů. Nejdůležitějším kritériem pro výběr vhodného lisu je lisovací síla, která musí být větší, než je výsledek výpočtu potřebné lisovací síly postupového nástroje. Tento výsledek se projedná s technologem lisovny kovů, který vybere nejvhodnější zařízení. Samozřejmě s přihlédnutím na roční produkci a vytíženost jednotlivých strojů. Z této diskuze vyplynulo jako nejvhodnější zařízení pro tento případ výstředníkový lis LEN 63 C.



Obr. 23 Výstředníkový lis LEN 63 C [10]

Jedná se o výstředníkový lis s klasickou konstrukcí, která se odborně označuje jako C konstrukce. Tato konstrukce dokáže pohltit kinetické energie, které vznikají při lisování. Tento lis je vhodný pro všechny operace plošného tváření. Pokud je nástroj konstrukčně navržen pod 630 kN celkové lisovací síly. Pohon lisu zajišťuje přepínatelný dvou otáčkový elektromotor. Lis má možnost měnit počet zdvihů dle technologické potřeby. Je zde použita pneumaticky ovládaná lamelová spojka. Tato spojka je mechanicky spojena s lamelovou třecí brzdou. Na obrázku 23 je tento lis zobrazen. [10]

Tab. 7 Parametry Lisu LEN 63 C [10]

Základní parametry výstředníkového lisu LEN 63 C			
Jmenovitá síla lisu	630 kN	Plocha stolu	630 x 800 mm
Počet zdvihů	65 – 130 / min.	Stavitelnost zdvihu	10 – 105 mm
Výkon elektromotoru	7,5 kW	Hmotnost lisu	5 850 Kg

### Podávací zařízení

Posuv pásy v nástroji zajišťuje podávací zařízení tzv. podavač. Toto zařízení plní jednu velmi důležitou funkci, a to přesné krokování podávaného materiálu dle navrženého kroku na nástřihovém plánu. Podavač může mít několik druhů ovládání a z nich se odvíjí i přesnost podání. V našem případě je námi navržený lis již osazen vzduchem ovládaným podavačem. Tyto podavače jsou relativně přesné při podávání především slabších a užších vstupních pásek, protože posunují pásku pouze silou svých pneumatických válců. V případě, že dojde k nějakému zaseknutí pásy, můžou čelisti podavače proklouznout a dojde ke špatnému

podání. Proto bude vhodné osadit nástroj čidlem, které ohlídá správně podaný krok vstupního materiálu.

### **Odvíjecí zařízení**

Posledním, ale také velmi důležitým příslušenstvím k samotnému lisu, je odvíjecí zařízení. Na odvíjecí zařízení se umístí celý navržený svitek vstupního materiálu. Tento svitek byl navržen a popsán v kapitole 3.4 Rozměry vstupního materiálu. Po umístění svitku do odvíjecího zařízení se natáhne páska vstupního materiálu do podavače. Mezi odvíjecím zařízením a podavačem musí vzniknout prohnutí, které se nazývá tzv. vlna. Toto prohnutí vstupního materiálu je způsobeno pouze gravitační silou. Na spodní části prohnuté pásky jsou umístěny čidla, která ovládají odvíjecí zařízení. Podavač si posunuje pásku do nástroje, a když se zmenší spodní prohnutí (velikost vlny), dojde k sepnutí čidla, které odvine pásku. Během odvíjení pásky se začne zvětšovat prohnutí do přerušení spodním čidlem, kdy se odvíjení zastaví. Tento proces probíhá za plného chodu lisu, takže prohnutí pásky musí být dostatečné, aby nedošlo k natažení pásky nebo naopak k velkému odvinutí. To by nám následně mohlo negativně ovlivnit podání správného kroku. Proto je nutné před procesem lisování nastavit vhodné parametry pro odvinutí pásky.

## **4.6. Návrh materiálu**

Velice důležitým konstrukčním řešením je volba vhodných materiálů. Materiály volíme a rozdělujeme zejména dle oblasti použití v nástroji. Pokud se jedná o rám nástroje a díly spojené s ním, budeme používat převážně konstrukční oceli. Na činné části nástroje budeme používat nástrojové oceli, případně lze použít i materiály vyrobené speciálními technologiemi (např. prášková metalurgie). Tyto speciální oceli se používají především při vysoce namáhavých procesech plošného tváření, jako je například stříhání a tvarování větších tlouštěk nebo odolnějších vstupních materiálů. Navrhovaný nástroj nemá žádné zmíněné výjimky. Proto lze využít klasické oceli.

### **Konstrukční oceli pro rám nástroje**

Ocel 11 500 (1.0050) je konstrukční ocel neušlechtilá s vyšším obsahem uhlíku obvyklých jakostí. Tato ocel je částečně vhodná pro lisování a obtížně svařovatelná. Využívá se především na strojní součásti, kde není požadováno svařování a jsou namáhány

staticky nebo dynamicky. V našem případě bude využita na většinu měkkých desek v nástroji, mezi které patří základní deska, lící deska, vodící deska, kotevní deska a podložky nástroje. Dále to jsou i některé menší díly, jako podložky pod střížníky nebo držáky čidel apod. [11]

Ocel 11 600 (1.0060) je konstrukční ocel neušlechtilá s vyšším obsahem uhlíku obvyklých jakostí. Chemicky je velice podobná předchozí oceli 11 500, ovšem má větší hodnoty u mechanických vlastností. Tato ocel je obtížně svařitelná a používá se na strojní součásti, které jsou namáhané staticky i dynamicky. Oproti předchozí oceli je vhodnější na součásti, které odolávají většímu měrnému tlaku. V našem případě bude využita na menší strojní součásti, které jsou vystaveny většímu zatížení. Jedná se o středící čep pro upnutí horní poloviny nástroje nebo nosné šrouby nástroje. [11]

### **Nástrojové oceli pro činné části nástroje**

Ocel 19 312 (1.2842) je nástrojová ocel nízkolegovaná, která se velmi dobře obrábí. Mezi hlavní legující prvky patří mangan, chrom a vanad. Vyznačuje se stálostí rozměrů při tepelném zpracování. Využití této oceli je na střížné nástroje, jelikož se uvádí její dobrá odolnost proti opotřebení. Ovšem v dnešní době jsou již vhodnější materiály. Životnost činných částí z tohoto materiálu není vysoká. Proto v našem nástroji využijeme zmíněnou ocel pouze na pomocné díly, které je nutné mít tepelně zpracované, jako jsou například přítlačné vložky, opěrné plechy, vodící lišty, zvedací prvky apod. [11]

Ocel 19 573 (1.2379) je nástrojová ocel vysoce legovaná. Mezi hlavní legující prvky patří chrom, molybden a vanad. Mezi další patří mangan a křemík. Ocel se vyznačuje velkou prokalitelností, obtížnou obrobitelností a vysokou odolností proti opotřebení. Mezi další vlastnosti patří vysoká pevnost v tlaku, ale také menší houževnatost. Tento materiál nahrazuje ocel 1.2080 (19 436, která byla známá pod obchodním značením Poldi Kladno jako 2002). Její hlavní využití je na stříhání, ohýbání i tažení za studena. V našem nástroji ji použijeme na funkční tvary, ovšem ne na ty nejdůležitější, jako je matrice pro průtažné trny, matrice ohybu nebo razník popisu. Na nejdůležitější aplikace používáme následující ocel 19 830. [11]

Ocel 19 830 (1.3343) je nástrojová ocel vysoce legovaná. Hlavní legující prvky má stejné, jako předchozí ocel 19 573, jen s jiným procentuálním výskytem. Jediný prvek, který má navíc, je Wolfram. Ocel je velice dobře obrobitelná, zvláště při broušení. Má zvýšenou houževnatost, ale je náročnější na oduhličení. Jednou z velkých výhod tohoto materiálu je schopnost nanést širokou škálu povlaků a to i za vyšších teplot. Mezi hlavní využití patří



obráběcí nástroje a nástroje pro plošné tváření. Tato ocel je velmi vhodná pro vysoce namáhané aplikace. Zde se projevuje zejména vysokou životností. U střížných procesů vydrží velmi dlouho ostré a kvalitní hrany. Přebroušení hran se provádí až po mnoha kusech na rozdíl od oceli 19 573. V tomto postupovém nástroji bude využita na střížníky, střížné matrice, ohybníky, ohybové matrice a protahovací trny. [11]

#### 4.7. Prodloužení životnosti činných částí nástroje

Plošné tváření jako celek je založeno na vyvinutí síly za účelem oddělení, ohnutí nebo tváření ocelového materiálu. Při tomto namáhání dochází ke tření činných částí s tvářenou ocelí. I přes použití kvalitních nástrojových ocelí, které jsou odolné vůči opotřebení, časem dojde k jejich znehodnocení. Abychom dokázali co možná nejvíce prodloužit životnost činným částem, je nutné do návrhu nástroje zahrnout povlakování činných částí nástroje. Následně do procesu výroby musíme také zahrnout vhodné mazání vstupního materiálu. Povlakování činných částí společně s mazáním zajistí zmenšení koeficientu tření a z toho odvozenou delší životnost namáhaných komponentů postupového nástroje.

##### Povlakování činných částí

Pro tento nástroj použijeme osvědčený povlak AIXN3, který nabízí firma Liss a.s. sídlící v Rožnově pod Radhoštěm pod svým obchodním označením. Jedná se o velmi moderní povlak zařazený do kategorie nanostrukturovaných povlaků na bázi Al, Cr a N<sup>3</sup>. Jeho houževnatost je zaručena především díky velkému množství nanovrstev. Tím jsou zaručeny i další velmi dobré vlastnosti, jako je vysoká odolnost vůči abrazi a to zvláště při vysokých teplotách. V našem případě používáme povlak za nižších teplot, ale i v těchto oblastech je velice kvalitní a s dlouhou životností. Využití uplatní na střížných, ohybových i tahových aplikacích. Čas depozice je okolo 8 hodin i s chladnutím. [12]

Tab. 8 Technické parametry povlaku AIXN3 [12]

Technické parametry povlaku AIXN3 (Liss a.s.)			
Barva	Černošedá	Koeficient tření	0,4
Max. teplota požití	900° C	Tloušťka povlaku	1 – 4 μm
Teplota depozice	480° C	Tvrdost	32 GPa (3200 HV)

## **Mazání vstupního materiálu**

Mazání je nedílnou součástí a vhodným doplňkem technologie plošného tváření. Jeho aplikací dosahujeme zvýšení životnosti klíčových dílů v nástroji. Přímý vliv na životnost komponentů má snížení třecího koeficientu mezi dílem a činnou částí nástroje. Mazání dále napomáhá k vyšší kvalitě stříhů, ohybů a tahů na výlisku. Jelikož navrhovaný nástroj bude používán v sériovém cyklu výroby dílů, musíme zajistit pravidelný přísun maziva přímou aplikací na vstupní materiál pásky na začátku nástroje.

Jako vhodné mazivo použijeme Ecocut 715 LE, které se běžně používá v mnoha lisovnách. Při plošném tváření je nejvhodnější k mazání a chlazení ocelových materiálů. Lze použít i při střížných operacích, ale jeho největší využití nastává při ohýbání nebo tažení. Jeho další využití nalezneme při obrábění těžko a velmi těžko obrobitelných materiálů, jako jsou třeba chrom-niklové oceli, apod. Toto mazivo je šetrnější k životnímu prostředí, jelikož neobsahuje chlor, není mísitelné s vodou a minimálně se odpařuje. [13]

## **4.8. Bezpečnost nástroje a jeho hlídání**

Bezpečnost nástroje je velice důležitá pro následnou sériovou výrobu výlisků. Jelikož je výroba nástroje a zejména činných částí velmi nákladná, většina činných částí je z kvalitních materiálů, které zaručují dlouhou životnost. Je tedy nutné nástroj uchránit před případnou destrukcí těchto částí. Destrukce může nastat např. špatným podáním vstupního materiálu nebo zmáčknutím dvou materiálů na sebe. Špatné podání jsem popisoval v předchozí kapitole 4.5. Odvíjecí zařízení. Z těchto důvodů bude vhodné osadit nástroj čidlem pro hlídání kroku. Toto čidlo nahlásí lisu, že materiál je podán na svém místě. Aby lis stihl zastavit, musí dostat informaci před horní úvratí.

## 5. Výroba a zkouška nástroje

Pokud máme dokončen návrh nástroje, který byl odsouhlasen z pohledu konstrukce a technologie plošného tváření, nastává čas dokončit všechny detaily v kreslícím softwaru. Po dokončení sestavy nástroje je dobré provést ještě závěrečnou konzultaci s technologem. Tato konzultace může odhalit případné opomenuté nedostatky v konstrukci nástroje. Konzultace s nástrojárnou se provádí pouze v případě nestandardních technických řešení. V případě, že je všechno schváleno, předává se nástroj na dokončení výkresové dokumentace. Zhotoví se všechny výkresy a vytvoří se kusovník komponentů. Kompletní dokumentace nástroje se předává do výroby, kde se nástroj zhotoví do fyzické podoby. Po dokončení nástroje se provede funkční zkouška na lisu. Pokud dopadne kladně, může se nástroj předat lisovně kovů k sériovému lisování. V případě nějakých závad se nástroj vrací do výroby, která ve spolupráci s konstruktérem provede patřičné úpravy. Poté se uskuteční nová zkouška nástroje. Celý tento proces se opakuje, dokud není nástroj plně funkční. Nejběžnější jsou dvě až tři zkoušky nástroje. Ve chvíli, kdy je předán nástroj lisovně kovů, se zahájí sériové lisování dle objednávek a požadavků zákazníka.

### 5.1. Výroba nástroje

Kompletní výrobu nástroje zajišťuje nástrojárna společnosti **fortell s. r. o.**, která je vybavena všemi moderními obráběcími stroji. Pouze některé konkrétní díly jsou zadány do kooperace. Jedná se především o kulaté střížníky nekatalogových rozměrů, protože jejich výroba je ekonomičtější ve specializovaných firmách. Následně se ještě externě zadává kalení všech tvrdých komponentů a nanesení povlaku na některé činné části. Dále také nástrojárna zajišťuje nákup potřebných materiálů a normalizovaných komponentů. Samotný proces výroby se dělí na dvě základní skupiny. Do jedné skupiny patří kalené díly, jako jsou některé desky a činné komponenty, a do druhé skupiny patří měkké desky a díly. Teprve až jsou skoro všechny díly vyrobené, dochází k montáži postupového nástroje. Zde se ještě občas objeví nějaké drobné závady, které se doplní do výkresů a nechají se přepracovat.

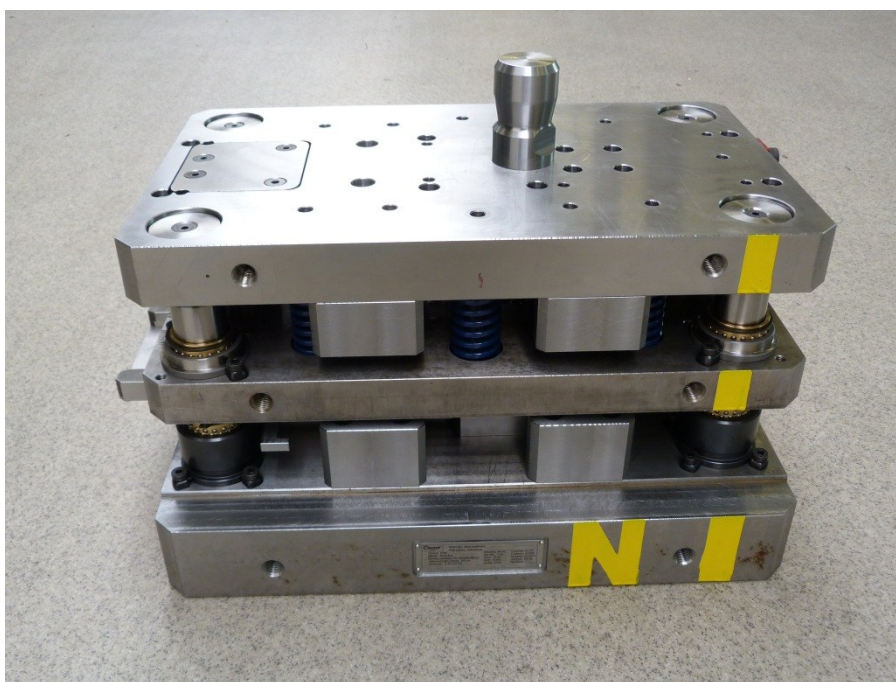
#### Obrábění před kalením

Nejprve se začínají vyrábět díly před kalením, které se následně odesílají ke kooperantům na kalení, a dokončují se až poté. Jedná se většinou o desky nebo činné části z bloků nebo kulatin příslušného materiálu. Nejprve tyto díly putují na klasickou frézku

nebo soustruh. Zde je zhotoven jejich základní tvar s přídavkem na obrábění po kalení. Tyto díly jsou následně přesunuty na vrtání, kde jsou vyrobeny otvory pro závity nebo se předvrtají přesné otvory, které se dokončují po kalení. Velké měkké desky se vyrábí na CNC frézkách. Zde dochází ke kompletnímu obrobení kontury a všech otvorů včetně přesných. Pro tyto frézky je nutné připravit obráběcí programy. Již hotové díly se po kontrole předají nástrojařovi, který provádí montáž nástroje.

### **Obrábění po kalení**

Již během přípravy dílu před kalením zpracovává technolog nástrojárny programy pro CNC frézky po kalení. Tyto frézky dokončují obrábění tvarových dílů v některých případech i desek po kalení. Část dílů stačí pouze zabrousit na brusce a jsou hotové. Dále je nutné zhotovit elektrody a programy pro hloubičky. Hloubení se většinou u střížných nástrojů nepoužívá, ale výjimečně se zde objeví také. Drátové řezání je velkou výhodou pro střížné nástroje, protože dokáže do zakaleného materiálu vyřezat prakticky jakýkoli tvar. V případě tvarového střížníku lze provést otvor pro něj i do měkké desky. Z tohoto důvodu se velmi dobře uplatňují u všech tvarových nebo kulatých otvorů v nástroji. Všechny hotové díly se předají na kontrolu a poté k nástrojařovi. Pouze některé činné části se ještě odešlou na poslední operaci povlakování v rámci kooperace.



Obr. 24 Sestavený nástroj

## 5.2. Zkoušení nástroje

Po výrobním dokončení nástroje se testuje jeho správná funkce. Tuto zkoušku zajišťuje lisovna kovů společnosti **fortell s. r. o.**, která bude následně provozovat lisování výlisků pro zákazníka. První zkoušení nástroje je vlastně jeho oživení, kde se zjišťuje jeho mechanická funkčnost. Testuje se také jeho schopnost vyrobit výlisek v požadovaném tvaru a rozměrech. Pravidlem společnosti je, že u první zkoušky nástroje je přítomen konstruktér nástroje a technolog lisovny kovů. Samozřejmostí je přítomnost nástrojaře a seřizovače lisu.

Průběh zkoušení je velmi pomalý a plynulý, aby nedošlo k přehlédnutí případné závady. Tato závada může být konstrukční nebo také výrobní. Většinu kritických závad odhalí již nástrojař na pracovním stole, když sestavuje nástroj dle technické dokumentace. Seřizovač lisu upevní nástroj na lis a před prvním najetím pásky nastaví lisu požadované parametry, kterými jsou zdvih, krok podavače, atd. Poté se zasune páska na počáteční doraz a provede se první krok. Zde na tomto kroku se pouze kontrolují otvory, jestli jsou dostatečně prostřížené. Následně je dobré prohlédnout oblast nástroje, zda nejsou patrné známky nějakého poškození, aby se zamezilo větším škodám při dalším kroku. Ve většině případů je poškození patrné podle sluchu při sevření nástroje.

Tímto způsobem se pomalu odzkouší všechny kroky v nástroji až po konečný výlisek. Poté se odstříhne nástřihový plán a společně s prvními odebranými vzorky se vyhledávají různé nedostatky a provádí se první kontrola rozměrů u lisu. Jedná se o lehce měřitelné rozměry. U navrhovaného výlisku se jedná například o rozměry sevření ohýbaných částí, délku výlisku a průměry otvorů. V případě, že některé rozměry nesouhlasí s výkresem a jsou ovlivnitelné seřízením nástroje nebo lisu, je nutné opakovat tyto úkony a celý proces navedení pásky do nástroje. Takto se odladí nástroj až po zhotovení výlisku odpovídajícího technické dokumentaci. Tyto vzorky se poté odeberou na oddělení kontroly a vyhotoví se rozměrový protokol.

## 5.3. Závady a nápravná opatření

Nástroj může být konstrukčně i technologicky zpracován velmi precizně a zodpovědně. Ovšem i u takto navrženého nástroje se během prvního zkoušení mohou objevit drobné závady, které se nepodaří zachytit v návrhu. V praxi se objeví jen velmi málo postupových nástrojů, které při prvním zkoušení nevykazují žádnou závadu. Nejinak tomu bylo i v tomto případě, a proto se při zkoušení objevily dvě drobné závady.

## Malá přítlačná síla

Jednou z nich byla malá přítlačná síla, která se projevila zejména v místě velkého ohybu. Zde se vlivem ohýbání materiálu nadzvedla přítlačná deska, která zanechala na horní straně výlisku viditelné podélné vlnky po prohnutí.

V případě nedostatečné přítlačné síly bylo navrženo její zvýšení. Díky použitým normalizovaným dílům, stačilo použít silnější pružiny o stejném rozměru. Tyto pružiny jsme měli skladem, jelikož se využívaly v jiném nástroji. Díky tomu se mohlo pokračovat v testování. V nástroji bylo nahrazeno 8 kusů modrých pružin za červené, tím se zvýšila síla na přidržení. Dvě pružiny uprostřed nástroje zůstaly modré. Červené pružiny jsou v katalogu dodavatele Meusburger Georg GmbH k nalezení pod kódem E 1544/40x102. Tyto pružiny stlačíme stejně jako modré o 30 mm. Komponent tedy již namáháme na největší doporučené zatížení označené jako Sn. Jedna pružina má sílu  $F_1 = 4\,980\text{ N}$ . [9]

$$F_{\text{červené}} = F_1 \cdot 8 \text{ kusů} = 39,84 \text{ kN}$$

$$F_{\text{modré}} = F_1 \cdot 2 \text{ kusů} = 4,96 \text{ kN}$$

$$F_{\text{přit}} = F_{\text{červené}} + F_{\text{modré}} = \mathbf{44,8 \text{ kN}}$$

Síla přítlačných pružin byla zvýšena z původních 24,8 kN na současných 44,8 kN. Jedná se téměř o dvojnásobné zvětšení síly, která ovšem významně neomezí použitelnost lisu. Protože lis byl navržen s dostatečně velkou silovou rezervou.

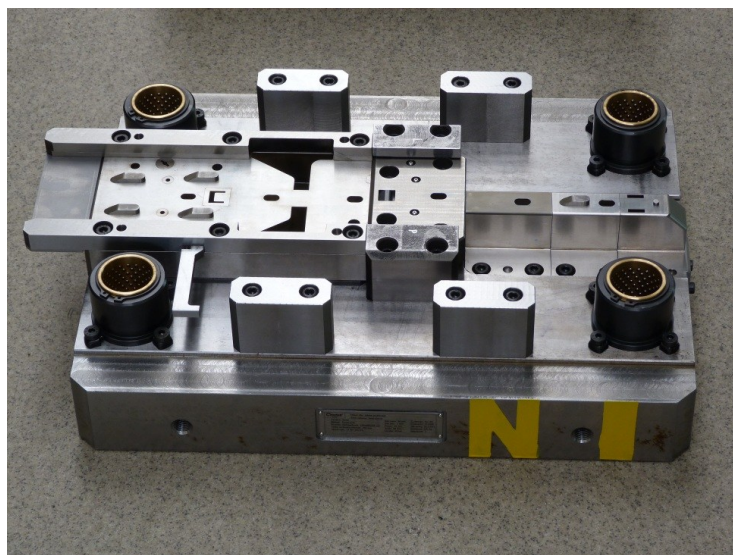
## Rozevírání velkého ohybu na výlisku

Dalším problémem, který vznikl hned po výměně pružin, bylo odpružení velkých ohybů na výlisku. Ze začátku testování se výlisek rozevíral velmi výrazně mimo toleranční hodnoty. Proto bylo nutné odstříhnout nástřihový plán, který jsme vyhodnotili. Zjistili jsme, že výlisek se lehce odpruží v pátém kroku při samotném ohybu. Ovšem daleko více se výlisek rozevíral v následném šestém kroku, kde je volná pozice. Nakonec se ukázalo, že při výrobě nástroje bylo nedostatečně odlehčeno zaoblení na volné pozici. Toto malé zaoblení způsobilo natlačení v místě zaoblení výlisku. Protože natlačení nenarušilo vlákna v ohybu, výlisek se místo zavírání ještě více rozevřel. Odstranění bylo velice jednoduché a spočívalo pouze ve zvětšení zaoblení spodní ohybové matrice.

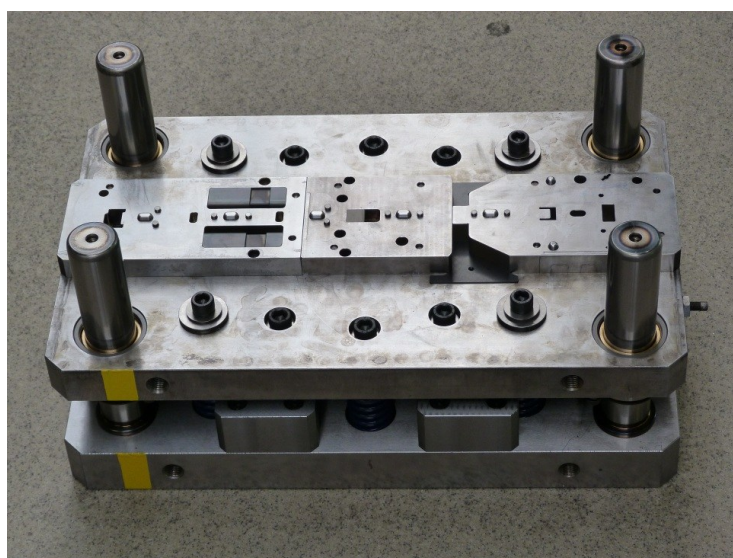
Po odstranění této závady zbývalo dořešit lehké odpružení tohoto ohybu v pátém kroku. Zde byla zhotovena matrice s podbroušením, aby se ohýbaný materiál neopíral o kolmou

stěnu této matrice a umožnil ohýbaným páskám větší zavření. Ohyby výlisku se tím lehce přehnuly přes 90° úhlu a následné odpružení mělo vrátit výlisek takřka do kolmých hodnot. Bohužel ani přes několikrát opakované zvětšení podbroušení se nedařilo dosáhnout dobrého výsledku.

Další možností bylo pokusit se výlisek zavřít narušením vláken. Úpravu jsme uskutečnili nabroušením asi 0,2 mm hluboké drážky na horní stěně ohybové matrice. Na krajích matrice před zaoblením vznikly asi 1,5 mm široké výstupky. Matrici jsme podložili o hodnotu, kterou jsme odebrali. Tím nám výstupky mohly zatlačovat až 0,2 mm do materiálu, kde nám narušily vlákna ohybu, a výlisek byl sevřen dle požadovaných rozměrů. Posledním zásahem se celý problém s odpružením ohybu vyřešil.



Obr. 25 Sestavený nástroj - dolní část



Obr. 26 Sestavený nástroj - horní část



## 6. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo navržení postupového lisovacího nástroje pro konkrétní výlisek, který byl řešen metodou plošného tváření. Po provedení výběru ze dvou technicky možných variant byl zvolen z pohledu autora optimální nástřihový plán. Přednost zvolené varianty je ve vhodné konstrukci nástroje, která se vyznačuje velkými ohyby z horní části nástroje. Další předností je ukrytí otřepů po stříhání, které budou směřovat do vnitřních prostorů a zaručí jeho hladké zhotovení. Nástřihový plán má také podle výpočtu vysoké procentuální využití vstupního materiálu, které se projeví v ceně lisovaného dílu.

Na základě navrženého nástřihového plánu vznikl sedmikrokový postupový lisovací nástroj, ke kterému byla zpracována kompletní technická dokumentace včetně plánované výrobní kalkulace. Návrh nástroje byl podložen volbou střížné vřely a výpočty všech sil pro určení vhodného lisovacího zařízení. Nástroj byl následně vyroben a odzkoušen ve společnosti **fortel s.r.o.** Po proběhlém odzkoušení mohl být předán do sériové výroby ve jmenovaném podniku a zde také zahájil plnění objednávek dle požadavků zákazníka. Touto skutečností je potvrzeno splnění hlavního cíle bakalářské práce a výsledný výlisek z navrhnutého postupového lisovacího nástroje je zobrazen na obrázku č. 27.



Obr. 27 Výlisek - Háček zavěšovací

Závěrečné porovnání skutečné časové náročnosti v podobě počtu hodin na jednotlivých pracovištích s plánovanou výrobní kalkulací se vyznačuje velmi malým rozdílem. Výdaje na materiál odpovídají předpokládaným nákladům v plánované kalkulaci. Z uvedených faktů vyplývá, že plánovaná výrobní kalkulace byla stanovena velmi přesně. Při dodržení doporučené výsledné prodejní ceny obchodním zástupcem byl tento projekt pro podnik rentabilní. Skutečné náklady a zisk v této práci neuvádím z důvodu ochrany ekonomických dat společnosti.



Autor navrhuje možné zlepšení budoucích projektů týkajících se postupových lisovacích nástrojů a výlisků řešených metodou plošného tváření. Doporučuje pořízení softwaru, který by dokázal simulovat chování ocelového materiálu zejména při ohýbání nebo tváření. Program může značně zpřesnit návrh nástroje a zároveň celému projektu snížit náklady od návrhu až po realizaci pomocí včasného odhalení případných komplikací.



Obr. 28 Výlisek s plastovým komponentem

Na obrázku č. 28 je uvedena finální podoba výlisku, kde je již opatřen zinkovou ochranou a plastovým komponentem. V této formě je zabudován do osobního automobilu, ve kterém slouží jako závěsný háček v zavazadlovém prostoru.

## Seznam použité literatury

1. Kotouč, Jiří. *Tvářecí nástroje*. Praha: ČVUT, 1993. 349 s. ISBN 80-01-01003-1
2. Bobčík, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. Praha: SNTL, 1983. 213 s.
3. Lenfeld, Petr. *Technologie II*. [online]. TUL Fs: Vystaveno roku 2008.  
[cit. 03. 03. 2014]. <[http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/07.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm)>
4. Kotouč, Jiří. *Nástroje pro tváření za studena*. Praha: ČVUT, 1975. 158 s.
5. Bareš, Karel. *Lisování*. Praha: SNTL, 1971. 542 s.
6. Kříž, R. a Vávra, P. *Strojírenská příručka*. Praha: Scientia spol. s r.o., 1998.  
260 s. ISBN 80-03-00680-5
7. fortell s.r.o., [cit. 12. 03. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.fortell.cz>
8. ČSN 41 1321. Praha : Úřad pro normalizaci a měření, 1988. 2 s.
9. Meusburger Georg GmbH., [cit. 02. 04. 2014]. Dostupné z WWW:  
<http://ecom.meusburger.com/index/index.asp?lang=7>
10. TST servis, a.s., [cit. 16. 4. 2014]. Dostupné z WWW: <http://www.tstservis.cz/len10.php>
11. JKZ Bučovice a. s. *Produkty*, [cit. 24. 4. 2014] Dostupné z WWW: <http://www.jkz.cz/cs>
12. LISS a.s., [cit. 26. 4. 2014]. Dostupné z WWW:  
<http://www.liss.cz/nabidka.php?podskupina=4>
13. Hazmioil, Hazmulka Radoslav., [cit. 28. 4. 2014]. Dostupné z WWW:  
<http://www.hazmioil.cz/PI/PI1-3411.pdf>
14. Hrubý, Jiří. *Výpočetní metody ve tváření*. Ostrava: VŠB, 2000. 174 s. ISBN 80-7078-728-7
15. Romanovskij, V. P. *Příručka pro lisování za studena*. Přeložil Vladyka Josef.  
Praha: SNTL, 1959. 537 s.
16. Petruželka, J. a Březina, R. *Úvod do tváření II*. Ostrava: VŠB, 2001. 115 s.  
ISBN 80-248-0068-3

## Seznam použitých zkratk

A	[J]	Práce střížná nebo ohybová
A <sub>80</sub>	[%]	Tažnost
b	[mm]	šířka polotovaru
C	[-]	Součinitel tření
CNC	[-]	Počítačem řízené stroje (Computer Numeric Control)
F	[N]	Celková síla
F <sub>O</sub>	[N]	Ohybová síla
F <sub>S</sub>	[N]	Střížná síla
h	[mm]	Fasetka střížné hrany
h <sub>s</sub>	[mm]	Hloubka vniknutí střížníku do materiálu
k	[-]	Koeficient zaplnění plochy pod křivkou
l	[mm]	vzdálenost podpěr
M; M <sub>O</sub>	[Nm]	Krouticí moment (krouticí moment v ohybu)
m; v	[mm]	Střížná mezera
O	[mm]	Střížný obvod
Re	[MPa]	Mez kluzu
Rm	[MPa]	Mez pevnosti
S	[mm <sup>2</sup> ]	Plocha průřezu ve střížné rovině
s; t	[mm]	Tloušťka plechu
S <sub>O</sub>	[MPa]	Ohybové napětí
t <sub>S</sub>	[MPa]	Napětí ve smyku, stříhová pevnost
W <sub>O</sub>	[mm <sup>3</sup> ]	Průřezový modul v ohybu
X <sub>využití</sub>	[%]	Využití vstupního materiálu
z	[mm]	Zdvih nástroje
α	[°]	Úhel úkosu (střížné matrice)
ε	[mm]	Prodloužení
σ	[MPa]	Napětí

## Seznam obrázků

Obr. 1 Průběh jednotlivých fází stříhu [2] .....	9
Obr. 2 Tvar střižné plochy pro různé střižné vule [2] .....	10
Obr. 3 Schéma napětí a deformací při ohýbání [5] .....	13
Obr. 4 Schéma ohýbání do tvaru V [3] .....	14
Obr. 5 Schéma ohýbání do tvaru U [3] .....	15
Obr. 6 Protahování válcového tvaru [6] .....	15
Obr. 7 Diagram určující dosaženou výšku při protahování [6] .....	15
Obr. 8 Ukázka kovových výrobku 2 [7] .....	16
Obr. 9 Ukázka kovových výrobku 1 [7] .....	16
Obr. 10 Budova firmy fortell s.r.o. [7] .....	17
Obr. 11 Ukázka kovových výrobku 3 [7] .....	17
Obr. 12 Model výlisku .....	18
Obr. 13 Model rozvinu výlisku .....	18
Obr. 14 Nástřihový plán Varianta 1 .....	20
Obr. 15 Nástřihový plán Varianta 2 .....	21
Obr. 16 Činné části – Krok 1 .....	25
Obr. 17 Činné části – Krok 2 a 3 .....	26
Obr. 18 Činné části – Krok 4 .....	27
Obr. 19 Činné části – Krok 5 a 6 .....	27
Obr. 20 Činné části – Krok 7 .....	28
Obr. 21 Rám nástroje – Spodní část .....	29
Obr. 22 Rám nástroje – Horní část .....	31
Obr. 23 Výstředníkový lis LEN 63 C [10] .....	37
Obr. 24 Sestavený nástroj .....	43
Obr. 25 Sestavený nástroj - dolní část .....	46
Obr. 26 Sestavený nástroj - horní část .....	46
Obr. 27 Výlisek - Háček zavěšovací .....	47
Obr. 28 Výlisek s plastovým komponentem .....	48

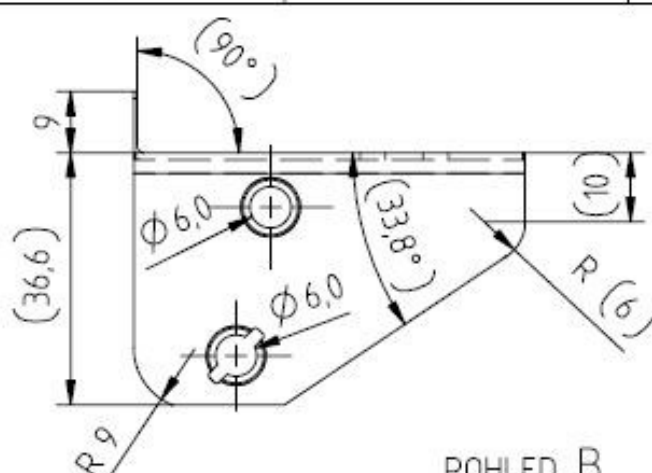
Obrázky 12 až 22 a obrázky 24 až 28 autor čerpal z vlastních zdrojů.

## Seznam tabulek

Tab. 1 Tvar střížnic a rozsah jejich použití [4] .....	12
Tab. 2 Mechanické vlastnosti a chemické složení oceli [8] .....	18
Tab. 3 Kalkulace ceny práce .....	22
Tab. 4 Materiálové výdaje .....	23
Tab. 5 Prodejní cena nástroje .....	23
Tab. 6 Součet všech sil v nástroji .....	36
Tab. 7 Parametry Lisu LEN 63 C [10] .....	37
Tab. 8 Technické parametry povlaku AIXN3 [12] .....	40
Data pro tabulky 3 až 6 autor čerpal z vlastních zdrojů.	

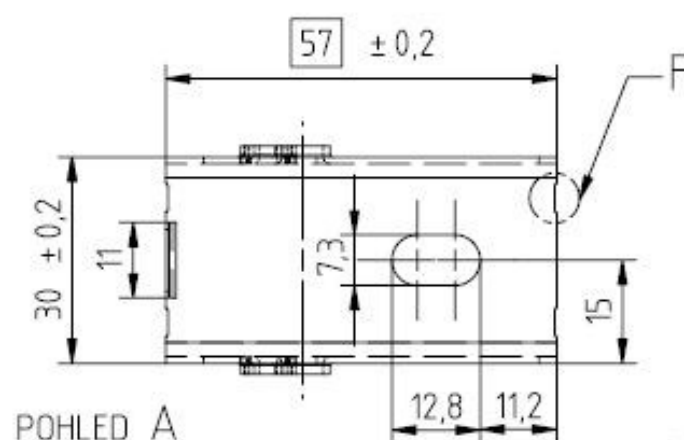
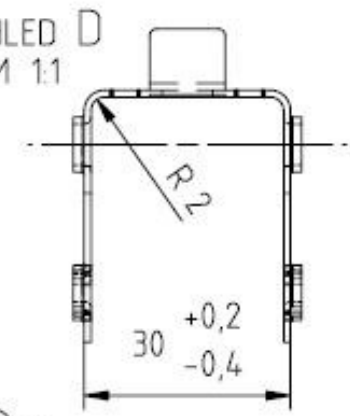
## **Seznam příloh**

**Příloha 1**      Výkres výlisku – Háček zavěšovací

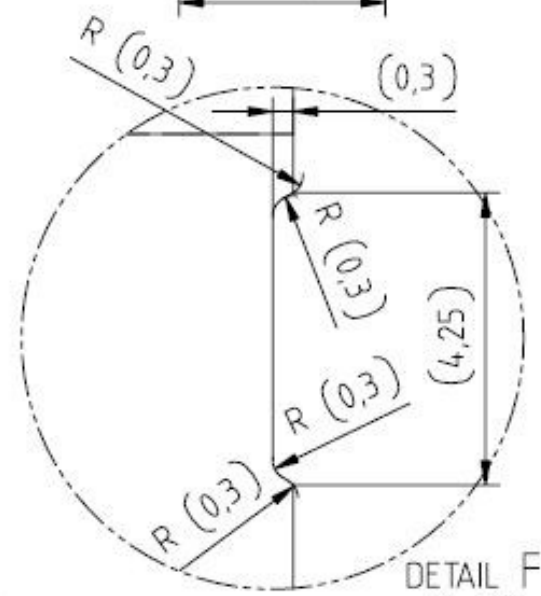


POHLED B  
M 1:1

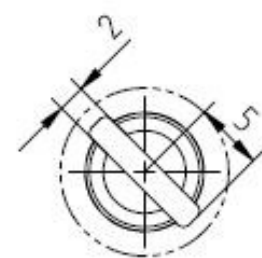
POHLED D  
M 1:1



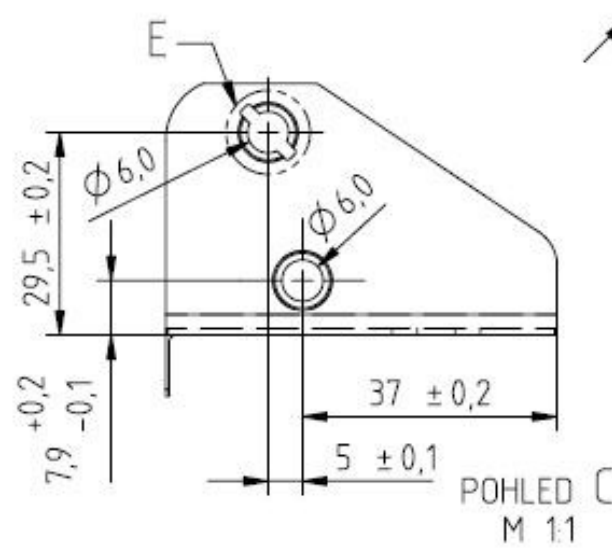
POHLED A  
M 1:1



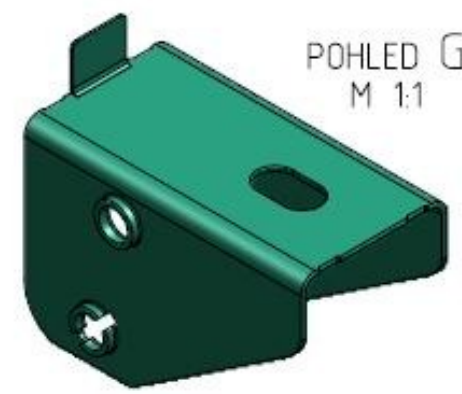
DETAIL F  
M 10:1



DETAIL E  
M 2:1



POHLED C  
M 1:1



POHLED G  
M 1:1

POVOLENÁ VELIKOST OTREPU JE MAX. 0,1 MM.

POVRCHOVÁ VĚSTROU OTNĚD SE MAX. 0,1 mm									
TL. 1		11 321 (DC01)				PŘED POVRCHOVOU ÚPRAVOU			
číslo	Číslo rozměr			Materiál			Zpracovatel		Poz.
Měřítka	1 : 1			Datum		Jméno		Název	
	Zhotovl			22.03.2014		CHLÁDEK JAN		 HÁČEK ZAVĚŠOVACÍ	
Index	Všeobecné tolerance			Tolerance souřadnic					
	X ± 0,3			± 0,1					
	XX ± 0,1			± 0,05					
	XXX ± 0,02			± 0,01					
XXXX ± 0,005							Číslo výkresu		Líst 1
							HZ-001		Líst 1